HANS FREY

MINERALOGIE UND GEOLOGIE

FÜR SCHWEIZERISCHE MITTELSCHULEN

G. FREYTAG G. M. B. H., LEIPZIG

MINERALOGIE UND GEOLOGIE

FÜR

SCHWEIZERISCHE MITTELSCHULEN

VON

DR. HANS FREY

PROFESSOR AM LEHRERSEMINAR IN KÜSNACHT-ZÜRICH

MIT 4 FARBIGEN MINERALTAFELN, EINER PROFILTAFEL UND 263 ABBILDUNGEN IM TEXT

ACHTE AUFLAGE

LEIPZIG 1925

VERLAG VON G. FREYTAG G. M. B. H.

VERLAGSNUMMER 10827

Aus dem Vorwort zur ersten und zur vierten Auflage.

Nachdem durch die vorzüglichen Arbeiten einer großen Zahl schweizerischer Geologen und Mineralogen unser heimatlicher Boden inbezug auf seine Zusammensetzung und seinen geologischen Aufbau bis zu einem hohen Grade erschlossen worden ist, scheint es an der Zeit zu sein, die vielen wertvollen Resultate dieser Forscher, soweit es möglich ist, auch für ein Schulbuch der Mittelschule zu verwerten. In dem vorliegenden Leitfaden habe ich den Versuch gemacht, sowohl in der Mineralogie und Petrographie, als auch in der Geologie namentlich schweizerische Vorkommnisse anzuführen und zu berücksichtigen. Wenn infolgedessen einzelne Kapitel (archäische Formationen, Erstarrungsgesteine) etwas kurz und dafür andere (Eiszeit, Seenbildung, Gebirgsbau) ausführlicher behandelt worden sind, glaube ich, daß das eher zum Vorteil als zum Nachteil des Ganzen geschehen ist. Die dem Buche beigegebenen Mineral-Bestimmungstabellen, in welchen neben den wichtigeren ausländischen alle Schweizer Mineralien (Seltenheiten ausgenommen) aufgeführt sind, sollen dem Schüler die Möglichkeit geben, die Mineralien nach äußeren Merkmalen selbst zu bestimmen. (März 1901.)

In der vierten Auflage sind durch freundliches Entgegenkommen der Verlagsbuchhandlung zum ersten Male dem Buche farbige Tafeln beigegeben worden, nämlich 2 Tafeln Schweizer Mineralien, 2 Tafeln ausländische Mineralien und eine Doppeltafel mit Jura- und Alpenprofilen. Die Schweizer Mineralien, die mit großem Geschicke von der Firma Orell Füssli in Zürich dargestellt worden sind, wurden in zuvorkommender Weise von Herrn Prof. Dr. Grubenmann, Direktor der eidgenössischen Mineraliensammlung des Polytechnikums, dem Verfasser zur Verfügung gestellt. Es sei ihm dafür auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

(Ostern 1912.)

Vorwort zur achten Auflage.

Der Verfasser dankt auch diesmal für einige wertvolle Richtigstellungen. Während bei den zwei letzten Kriegsauflagen nur ein Stereotypdruck möglich war, konnten diesmal wieder die nötig gewordenen Ergänzungen vorgenommen werden, z. B. über Kristallgitter, Erdbebenlaufzeiten, Vulkanausbrüche.

So erreicht nach und nach das Studium unserer heimischen Erde auch auf der Mittelschulstufe den Grad der Ausbildung, der ihm zufolge seines bedeutenden wissenschaftlichen und praktischen Interesses schon längst in unserem lieben Schweizerlande gehört hätte.

Küsnacht-Zürich, Ostern 1925. **Der Verfasser.**

Inhalt.

I. Teil: Mineralogie.

II. Teil: Geologie.

Tafelverzeichnis:

Erster Teil: Mineralogie.

I. Abschnitt.

Von den Kennzeichen der Mineralien.

A. Kristallographie.*)

Die *Mineralien*[1]) sind die *leblosen Bestandteile* unserer Erdkruste. Der wesentliche Unterschied zwischen den Mineralien und den Organismen besteht im Wachstum; die Mineralien wachsen durch Anlagerung neuer Massenteilchen von außen (*Apposition*), die belebten Wesen aber durch Zwischenlagerung neuer Substanzen von innen heraus (*Intussusception*).

Die Mineralien unterscheiden sich von einander durch ihre äußere Form, durch ihre physikalischen Eigenschaften und durch ihre chemische Zusammensetzung. Diejenigen Mineralien, die eine bestimmte geometrische Umgrenzung durch ebene Flächen zeigen, heißen *kristallisiert*[2]), z. B. Bergkristall, diejenigen, die nur einen innern gesetzmäßigen Aufbau haben, ohne regelmäßige äußere Umgrenzung, heißen *kristallinisch*, z. B. Marmor, während diejenigen, die gar keine Regelmäßigkeit zeigen, *amorph*[3]) (gestaltlos, glasig), z. B. Feuerstein, genannt werden.

Um die Kristalle nach ihrer verschiedenartigen Ausbildung zu betrachten, muß man die *Symmetrieverhältnisse* der Formen ins Auge fassen. Diese treten am klarsten hervor, wenn man sich durch die Kristalle *Symmetrie-Ebenen* gelegt denkt, die dieselben in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen. In Fig. 1 ist D zu D', g zu g' und a zu a' symmetrisch gelegen. Zur genaueren Betrachtung der Kristallformen nimmt man in denselben ferner Linien, *Kristallachsen* an, die symmetrische Punkte mit einander verbinden und womöglich zugleich *Symmetrieachsen* sind. Der gemeinsame Schnittpunkt derselben heißt der *Mittelpunkt des Kristalls*, er ist für entsprechende Begrenzungselemente der *Symmetriepunkt*.

Fig. 1. Symmetrisch geteiltes Oktaeder.

Je nach der Länge und der gegenseitigen Stellung der Kristallachsen unterscheidet man 6 *Kristallsysteme*[4]):

1. das tesserale[5]) oder reguläre,
2. das tetragonale[6]) oder quadratische.

---

*) Dieses Kapitel soll mit einer Demonstration begonnen werden, bestehend aus einer Reihe schöner Kristalle und Spaltkörper von Kochsalz, Kalkspat, Alaun und Bergkristall, ferner einem Stück Marmor und einem Feuerstein, um die ersten Begriffe daran zu entwickeln.

[1]) lat. mína = Graben, Erzgrube (Mine). — [2]) griech. krýstallos = Eis. — [3]) griech. morphé = Gestalt. — [4]) griech. sýstema = das Zusammengestellte. — [5]) lat. téssera = Würfel. — [6]) griech. tétragon = Viereck, Quadrat.

3. das rhombische oder trisymmetrische,[1])
4. das monokline[2]) oder monosymmetrische,
5. das trikline oder anorthische,[3])
6. das hexagonale[4]) Kristallsystem.

Für die Bestimmung einer Kristallform sind die Winkel der einzelnen Flächen zu einander von der größten Wichtigkeit, da die Kantenwinkel der entsprechenden Flächen stets gleich groß sind (Winkelkonstanz). Die Winkel werden mit dem Anlege-Goniometer[5]) (Fig. 2), oder genauer mit dem Spiegel-Goniometer gemessen. Die Lage der Flächen kann am besten durch die Abschnitte (Parameter), die sie auf den Achsen bilden, angegeben werden. Das gegenseitige Verhältnis derselben heißt das Parameter[6])-Verhältnis.

Fig. 2. Anlege-Goniometer. K = Kristall, OX = Größe des Kristallwinkels.

Da die Ausdehnung und Begrenzung entsprechender Kristallflächen verschieden sein kann, so ist die Bestimmung der Kantenwinkel das sicherste Mittel zur Erkennung der Kristallformen. Und weil bei den Kristallen ein und desselben Minerals immer ganz bestimmte, ihm eigentümliche Symmetrie- und Parameterverhältnisse vorkommen, so ist die Winkelmessung zugleich das zuverlässigste Mittel zur Mineralbestimmung.

Fig. 3.

1. Tesserales System.

Alle tesseralen Kristallformen lassen sich durch 9 Ebenen symmetrisch teilen und können auf drei gleich lange, auf einander senkrecht stehende Achsen bezogen werden (Fig. 3). Die Kristalle werden so gestellt, daß eine Achse vertikal steht = Vertikalachse, eine quer verläuft = Querachse und die dritte senkrecht auf den Beschauer zukommt = Längsachse.

1. Das Oktaeder[7]) (Achtflächner) (Fig. 4) ist die Grundgestalt dieses Systems. Es wird von 8 gleichseitigen Dreiecken, die durch die Achsenendpunkte gehen, begrenzt. Dieselben schneiden sich in 12 gleich-

Fig. 4. Oktaeder.

---

[1]) griech. tris = dreimal. — [2]) griech. mónos = einer, klíno = ich neige. — [3]) griech. ánorthos = nicht rechtwinklig. — [4]) griech. hexágonos = sechsseitig. — [5]) griech. gónü = Knie, Winkel. — [6]) griech. parametréo = abmessen. — [7]) griech. októ = 8, hédra = Fläche.

langen Kanten und bilden 6 vierflächige Ecken. Jede Fläche hat das Parameter-Verhältnis 1 : 1 : 1. Das Oktaeder wird zur Abkürzung mit *O* bezeichnet.

2. Das Hexaeder[1]) (Würfel) (Fig. 5) wird von 6 gleichen Quadraten, die senkrecht zu einander stehen, begrenzt; in den Mitten derselben liegen die Endpunkte der Achsen. Es hat 12 gleich lange Kanten und 8 dreiflächige Ecken. Die Achsenabschnitte verhalten sich wie 1 : ∞ : ∞, und da man zur Bildung des Symbols[2]) zu *O* die von 1 verschiedenen Koeffizienten setzt, so heißt dasselbe ∞ *O* ∞.

Fig. 5. Hexaeder.

3. Das Rhombendodekaeder[3]) (Rhombenzwölfflächner) (Fig. 6) ist umschlossen von 12 gleichen Rhomben, die sich unter einem Winkel von 120° schneiden; es hat 24 gleiche Kanten, 8 dreiflächige und 6 vierflächige Ecken. In den letztern liegen die Endpunkte der Achsen. Das Achsenverhältnis der Flächen ist 1 : 1 : ∞ und daher das Zeichen ∞ *O*.

Fig. 6. Rhombendodekaeder.

Von den 3 ersten einfachen Formen leiten sich drei Vierundzwanzigflächner ab, nämlich:

4. Das Triakisoktaeder[4]) oder Pyramidenoktaeder (Fig. 7) hat 24 gleichschenklige Dreiecke, 12 längere und 24 kürzere Kanten, 8 dreiflächige und 6 achtflächige Ecken, welch letztere die Endpunkte der Achsen sind. Parameterverhältnis 1 : 1 : *m*, Zeichen *m O*.

Fig. 7. Triakisoktaeder.

5. Das Tetrakishexaeder[5]) oder Pyramidenhexaeder (Fig. 8) ist begrenzt von 24 gleichschenkligen Dreiecken, die zu je 4 auf einer Hexaederfläche gruppiert sind. Es hat 12 längere und 24 kürzere Kanten, 8 sechsflächige und 6 vierflächige Ecken; die letzteren sind die Endpunkte der Achsen. Achsenverhältnis 1 : *n* : ∞. Zeichen ∞ *O n*, (da der größere Koeffizient vor *O* zu stehen kommt).

Fig. 8. Tetrakishexaeder.

6. Das Deltoidikositetraeder[6]) (Deltoidvierundzwanzigflächner) (Fig. 9) ist von 24 Deltoiden[7]) begrenzt. Dieselben bilden 24 längere und 24 kürzere Kanten, 8 dreiflächige Ecken, 12 vierflächige

Fig. 9. Deltoidikositetraeder.

[1]) griech. hex = sechs. — [2]) griech. sýmbolon = Zeichen. — [3]) griech. dódeka = zwölf. — [4]) griech. triákis = dreimal. — [5]) griech. tetrákis = viermal, — [6]) griech. eikosi = zwanzig. — [7]) Deltoid = Delta-ähnlich.

ungleichkantige und 6 vierflächige gleichkantige Ecken; diese sind die Achsenendpunkte. Parameterverhältnis 1 : *m* : *m*, Symbol *m O m*.

Fig. 10.
Hexakisoktaeder.

7. Das Hexakisoktaeder[1]) (Achtundvierzigflächner) (Fig. 10) ist die komplizierteste Gestalt des tesseralen Systems. Es ist umschlossen von 48 ungleichseitigen Dreiecken und hat 24 längere, 24 mittlere und 24 kürzere Kanten, 8 sechsflächige, 12 vierflächige und 6 achtflächige Ecken, welch letztere die Achsenendpunkte sind. Parameterverhältnis 1 : *m* : *n*, Symbol *m O n*.

Zusammenfassung. Man kann alle 7 tesseralen Formen in einem Schema so zusammenstellen, daß die gegenseitigen Beziehungen klar ersichtlich sind (Fig. 11). Von *O* ausgehend kann man durch Vergrößern einer oder zweier Achsen alle andern Formen ableiten. Ebenso kann man von *m O n* durch Variation der Achsenlängen alle übrigen Formen herleiten. — Dieses Schema zeigt auch zugleich, daß keine anderen tesseralen Formen mehr möglich sind, da alle Achsen von 1 bis ∞ variiert worden sind.

O
mO
mOm
mOn
∞O
∞On
∞O∞

Fig. 11.

Gesetz der rationalen Koeffizienten. Die Zahlen *m* und *n*, welche das Verhältnis der Parameter angeben, sind stets rationale Zahlen 1, 2, 3, 4 —, so daß die Achsenverhältnisse meist sehr einfach sind, wie das auch die Kombinationen auf Seite 5 und 6 zeigen. Dieses Gesetz gilt nicht nur für das tesserale, sondern auch für alle übrigen Systeme.

Hemieder.[2]) Außer den oben behandelten 7 Vollflächnern oder Holoedern[3]) gibt es noch Hemieder oder Halbflächner, die nur halb so viel Flächen haben als die Holoeder, mit ihnen aber in einem gesetzmäßigen Zusammenhange stehen. Das Achsenverhältnis der einzelnen Flächen ist nämlich dasselbe wie bei den entsprechenden Vollflächnern; deswegen werden für sie auch dieselben Zeichen, aber mit dem Divisor 2 gebraucht.

1. Das Tetraeder[4]) (Vierflächner) (Fig. 12, 13, 14) $\frac{O}{2}$ entsteht aus dem Oktaeder *O*, indem die abwechselnden Flächen, die nicht an Kanten zusammenstoßen, wachsen und die übrigen verschwinden; verfährt man umgekehrt, so erhält man das nur durch seine Stellung ver-

[1]) griech. hexakisókto = 6 × 8. — [2]) griech. hémi = halb. — [3]) griech. hólos = ganz, voll. — [4]) griech. tétra = vier.

schiedene Gegentetraeder $-\frac{O}{2}$ (Fig. 14). Das Tetraeder ist begrenzt von 4 gleichseitigen Dreiecken, welche 4 dreiflächige Ecken und 6 gleiche Kanten miteinander bilden; durch die Mitte der letzteren gehen die Achsen.

Fig. 12. + Tetraeder. Fig. 13. Fig. 14. — Tetraeder.

Nimmt man in ähnlicher Weise beim Pyramidenwürfel Hemiederbildung vor, so erhält man:

2. Das Pentagondodekaeder[1]) (Fünfeckzwölfflächner) $\frac{\infty O n}{2}$ (Fig. 15 u. 16), dessen Achsen durch die Mitten der ungleichlangen Fünfeckseiten gehen.

Auch von den andern Holoedern, mit Ausnahme von Hexaeder und Rhombendodekaeder, gibt es Hemieder, die aber seltener an Kristallen auftreten.

Fig. 15. Pentagondodekaeder. Fig. 16. $\infty O n$. Fig. 17. Bleiglanz, Flußspat. $\infty O \infty . O$.

Kombinationen[2]). Häufig findet man an einem Kristall mehrere der oben behandelten Formen zugleich ausgebildet. Bei einer solchen Kombination bestimmt man zuerst die vorherrschenden Flächen und nach und nach die kleineren; so erhält man in der Aufeinanderfolge der gefundenen Symbole zugleich die relative Größe der entsprechenden Formen (Fig. 17 . . . . 26).

Beispiele von tesseral kristallisierenden Mineralien: Gold, Silber, Diamant, Kochsalz, Flußspat, Granat, Magnetit, Bleiglanz. — hemiedrisch: Zinkblende, Fahlerz, Eisenkies, Glanzkobalt.

---

[1]) griech. pentágonos = fünfeckig. — [2]) lat. combinátio = Verbindung zweier Teile.

Fig. 18. Silberglanz.
$\infty O \infty \,.\, \infty O.$

Fig. 19. Analcim.
$\infty O \infty \,.\, 2 O 2.$

Fig. 20. Flußspat.
$\infty O \infty \,.\, 4 O 2.$

Fig. 21. Bleiglanz, Flußspat.
$O \,.\, \infty O \infty.$

Fig. 22. Magnetit.
$O \,.\, \infty O$

Fig. 23. Granat.
$\overset{m}{2 O 2} \,.\, \overset{d}{\infty O}.$

Fig. 24. Fahlerz.
$+\frac{O}{2} \,.\, -\frac{O}{2}.$

Fig. 25. Fahlerz.
$\overset{o}{\frac{O}{2}} \,.\, \overset{c}{\infty O \infty}$

Fig. 26. Eisenkies.
$\overset{c}{\infty O \infty} \,.\, \overset{r}{\frac{\infty O 2}{2}}.$

2. Das tetragonale System.

Die Kristalle dieses Systems werden durch 5 Ebenen symmetrisch geteilt und lassen sich auf 3 Achsen beziehen, die senkrecht aufeinander stehen, von denen aber nur zwei gleich lang sind. Die dritte ungleich lange Achse (a) wird als Hauptachse senkrecht gestellt, und die beiden anderen (b) kommen als Nebenachsen quer und längs zu liegen. (Fig. 27.)

1. Die Grundgestalt ist die tetragonale Pyramide P (Fig. 28). Sie ist umschlossen von 8 gleichschenkligen Dreiecken, die das Achsenverhältnis $a : b : b$ haben. Sie schneiden sich in 8 Polkanten $a\,b$ und

4 Basiskanten *b b,* welch letztere ein Quadrat bilden. Die Pyramide hat 2 Polecken *a,* die Endpunkte der Hauptachse, und 4 Basisecken, die Endpunkte der Nebenachsen.

2. Ableitung der tetragonalen Formen. Aus der Grundgestalt kann man durch Vergrößerung oder Verkleinerung der Achsenabschnitte alle übrigen Formen dieses Systems ableiten.

Fig. 27. Fig. 28.

Läßt man von *P* ausgehend die Hauptachse kleiner werden, so erhält man eine stumpfere Pyramide $\overset{<}{m} P$.*) Wird die Hauptachse = *o,* so fallen alle 4 Pyramidenflächen mit der Basis zusammen; wir nennen diese Fläche deswegen Basisfläche oder basisches Pinakoid[1]) *o P.*

Wird die Hauptachse größer, so entsteht eine spitzere Pyramide $\overset{>}{m} P$, und wird der Abstand = ∞, so werden die Flächen der Hauptachse parallel und schließen den prismatischen Raum ∞ *P* ein, der durch die Basis abgeschlossen, das Prisma (Fig. 29) bildet.

Fig. 29. ∞ *P.oP.*

Wenn die Nebenachsen wachsen, so erhält man eine ditetragonale[2]) Pyramide *Pn* (Fig. 30). Fig. 31 zeigt die Basis *b d b d*

Fig. 30. *Pn.* Fig. 31. Fig. 32. ∞ *Pn . oP.*

*) Anmerkung: Der Koeffizient vor *P* bezieht sich immer auf die Hauptachse und gibt an, wie viel mal dieselbe größer $\left(\overset{>}{m}\right)$ oder kleiner $\left(\overset{<}{m}\right)$ als bei der Grundgestalt ist; der Koeffizient hinter *P* bezieht sich in gleicher Weise auf die Nebenachsen.

[1]) griech. pínax = Tafel, pinakoidal = tafelartig. — [2]) griech. ditetrágonon = zweimal viereckig.

derselben. Wird bei dieser achtseitigen Pyramide noch die Hauptachse $= \infty$, so erhalten wir das d i t e t r a g o n a l e P r i s m a ∞Pn (Fig. 31).

Werden bei der ditetragonalen Pyramide die N e b e n a c h s e n ∞ groß, so entsteht eine tetragonale Pyramide, welche sich von der normalen nur durch die Stellung unterscheidet, indem ihre Flächen einer Nebenachse parallel gehen, sie heißt D e u t e r o p y r a m i d e[1]) oder Pyramide zweiter Stellung $P\infty$. Das Prisma in dieser Stellung heißt das D e u t e r o p r i s m a $\infty P \infty$. Diese Ableitung verdeutlicht Fig. 31, $bbbb$ = normale Stellung, $ffff$ = deutero-Stellung.

Die gegenseitigen Beziehungen der tetragonalen Formen gehen klar aus dem nachstehenden Schema hervor.

$$
\begin{array}{lllll}
 & \overset{<}{m}P & P & \overset{>}{m}P & \infty P \\
oP & \overset{<}{m}Pn & Pn & \overset{>}{m}Pn & \infty Pn \\
 & \overset{<}{m}P\infty & P\infty & \overset{>}{m}P\infty & \infty P\infty
\end{array}
$$

Fig. 33.

H e m i e d e r. Im tetragonalen System können, ähnlich wie im tesseralen System, H e m i e d e r abgeleitet werden, die aber an Kristallen selten vorkommen. Wir führen davon nur das S p h e n o i d[2]) $\frac{P}{2}$ (Fig. 34) an, das aus P entsteht wie das Tetraeder aus O.

Fig. 34. Kupferkies.
$\overset{p}{+\frac{P}{2}} \cdot \overset{p'}{-\frac{P}{2}} \cdot \overset{l}{\infty P\infty}$.

Fig. 35. Zirkon.
$\overset{p}{P} . \overset{l}{\infty P} . \overset{s}{\infty P\infty}$.

Fig. 36. Zirkon.
$\overset{p}{P} . \overset{l}{\infty P} . \overset{s}{\infty P\infty}$.

Fig. 37. Gelbbleierz.
$\overset{p}{P} . \overset{b}{{}^1/_3 P} . \overset{a}{oP}$.

M i n e r a l i e n, d i e t e t r a g o n a l kristallisieren, sind: Zinnstein, Zirkon (Fig. 35 u. 36) Vesuvian, Gelbbleierz Fig. 37, Kupferkies (hemiedrisch) Fig. 34.

---

[1]) griech. déuteros = anderer. — [2]) griech. sphen = Keil.

Allgemeines. Jedes Mineral dieses und aller übrigen Systeme, mit Ausnahme des tesseralen, hat ein ganz bestimmtes, nur ihm zukommendes Verhältnis der Achsen zu einander, z. B. Zinnstein 1 : 0,6724, Zirkon 1 : 0,6404, Vesuvian 1 : 0,5372. Dieses Verhältnis ist daher ein Hauptcharakteristikum des betreffenden Minerals.

3. Das rhombische System.

Die Kristalle dieses Systems lassen sich durch 3 Ebenen symmetrisch teilen und haben drei Achsen, die alle aufeinander senkrecht stehen, aber ungleich lang sind. Die längste (*a*) wählt man als Vertikalachse, die zweitlängste (*b*) als Querachse oder Makroachse[1]) und die kürzeste als Längsachse (*c*) oder Brachyachse[2]) (Fig. 38)*).

1. Denkt man sich durch die Endpunkte des Achsenkreuzes Ebenen gelegt, so erhält man die rhombische Pyramide *P*. (Fig. 39). Sie ist umschlossen von 8 ungleichseitigen Dreiecken, welche sich in 8 End- oder Polkanten und in 4 Seiten- oder Randkanten schneiden. Die letzteren bilden einen Rhombus, der die Basis der Pyramide ist.

Fig. 38.

Fig. 39. *P*.

2. Die Ableitung der rhombischen Formen geschieht in ähnlicher Weise wie im vorigen System. Wird die Hauptachse größer, so erhalten wir eine spitzere Pyramide $\overset{>}{m} P$, wird der Achsenabschnitt unendlich groß, so entsteht das Prisma ∞P (Fig. 40). Verkleinert sich die Hauptachse, so wird die Pyramide stumpfer $\overset{<}{m} P$, und wird sie $= o$, so fallen alle 4 Pyramidenflächen mit der Basis zusammen: Basisches Pinakoid oP (Fig. 40).

Wird die Makroachse größer, so entsteht zunächst eine in der Querrichtung gestreckte Pyramide $P\bar{m}$.[3]) Nimmt der Abschnitt auf der Querachse zu, bis er unendlich wird, so erhalten wir ein querliegendes Prisma, das Makrodoma[4]) (Querdach) $P\bar{\infty}$ (Fig. 41). Vergrößert sich

---

*) Anmerkung: Man stellt die Kristalle im allgemeinen so, daß man möglichst viel von ihrer Form sieht, dadurch kommt immer die kürzeste Ausdehnung in die Längsrichtung.

[1]) griech. makrós = groß. — [2]) griech. brachýs = kurz. — [3]) Man bezeichnet die Koeffizienten der Nebenachsen mit den Zeichen — (lang) für die Makroachse, und ⌣ (kurz) für die Brachyachse. — [4]) griech. dómos = Haus, Dach (dachförmig), daher „Dom“.

jetzt auch noch die Hauptachse, so wird das Dach immer steiler, bis zuletzt die Domaflächen zueinander parallel laufen und so die Querflächen oder das Makropinakoid $\infty P\bar{\infty}$ (Fig. 42) bilden.

Nehmen wir dieselben Größenveränderungen bei der Brachyachse vor, so erhalten wir das Brachydoma (Längsdach) $P\breve{\infty}$ (Fig. 42)

Fig. 40. $\infty P \,.\, oP.$ Fig. 41. $P\bar{\infty} \,.\, \infty P\breve{\infty}.$ Fig. 42. $P\breve{\infty} \,.\, \infty P\bar{\infty}.$

und das Brachypinakoid (Längsfläche) $\infty P\breve{\infty}$ (Fig. 41). Damit ist die Reihe der rhombischen Formen erschöpft, da alle Achsen von 1 bis ∞ gewachsen sind. Untenstehende Zusammenstellung zeigt den Zusammenhang der einzelnen Formen.

	$\overset{<}{m} P\breve{\infty}$	$P\breve{\infty}$	$\overset{>}{m} P\breve{\infty}$	$\infty P\breve{\infty}$
	$\overset{<}{m} P\breve{n}$	$P\breve{n}$	$\overset{>}{m} P\breve{n}$	$\infty P\breve{n}$
oP	$\overset{<}{m} P$	P	$\overset{>}{m} P$	∞P
	$\overset{<}{m} P\bar{n}$	$P\bar{n}$	$\overset{>}{m} P\bar{n}$	$\infty P\bar{n}$
	$\overset{<}{m} P\bar{\infty}$	$P\bar{\infty}$	$\overset{>}{m} P\bar{\infty}$	$\infty P\bar{\infty}$

Fig. 43.

Allgemeines. Alle Flächen der Kristalle lassen sich in bezug auf die Achsenabschnitte in drei Arten gruppieren, nämlich in solche, die alle Achsen schneiden = Pyramidenflächen, in solche, die einer Achse parallel gehen = Prismenflächen, und in solche, die zu zwei Achsen parallel verlaufen = Pinakoidflächen.

Fig. 46. Arsenkies. $\overset{M}{\infty P} \,.\, \overset{r}{{}^1/_4 P\breve{\infty}}$

Beispiele rhombischer Combinationen: Aragonit, Olivin, Schwerspat, Arsenkies, Topas, Schwefel (Fig. 44—49).

Fig. 44. Aragonit.
P d o
$\infty \breve{P}\infty \,.\, \infty \breve{P}2 \,.\, \breve{P}\infty.$

Fig. 45. Schwerspat.
P M u o
$\infty \breve{P}\infty \,.\, \bar{P}\infty \,.\, \infty P \,.\, \breve{P}\infty.$

Fig. 47. Topas.
M l o
$\infty P \,.\, \infty \breve{P}2 \,.\, P.$

Fig. 48. Olivin.
n s T k e d
$\infty P \,.\, \infty \breve{P}2 \,.\, \infty \breve{P}\infty \,.\, 2\breve{P}\infty \,.\, P \,.\, \bar{P}\infty.$

Fig. 49. Schwefel.
P s t r m a e n
$P \,.\, {}^1/_3 P \,.\, {}^1/_5 P \,.\, oP \,.\, \infty P . \infty \breve{P}\infty . \bar{P}\infty . \breve{P}\infty.$

4. Das monokline[1]) System.

Die Kristalle dieses Systems können nur noch durch eine Ebene symmetrisch geteilt werden. Von den drei ungleich langen Achsen dieser Kristalle bilden zwei einen schiefen Winkel ($\sphericalangle\, C < 90^0$ Fig. 50) mit einander und die dritte steht senkrecht auf diesen beiden. Die größere der beiden schiefen *(a)* wird als Vertikalachse gewählt, die zweite schiefe *(b)* läuft als Längsachse oder Klinoachse[1]) nach vorn geneigt auf den Beschauer zu und die dritte *(c)* geht als Orthoachse[2]) quer von rechts nach links (Fig. 50).

Fig. 50.

Fig. 51. $+P \,.\, -P$

1. Die Grundgestalt dieses Systems ist die monokline Pyramide $\pm P$ (Fig. 51). Sie besteht aus 8 Dreiecken, von denen aber nur je 4 gleich sind, so daß die Pyramide eigentlich aus 2 Formen, einer

[1]) griech. klíno = ich neige. — [2]) griech. orthós = recht, senkrecht.

hintern über dem spitzen Winkel gelegenen Hemi-[1]) oder Hälftenpyramide $+P$, und einer vorderen Hemipyramide $-P$ zusammengesetzt ist.

2. Aus der Pyramide leitet man in ganz gleicher Weise die übrigen Formen ab, wie im rhombischen System. Wird die Hauptachse $= o$, so erhalten wir die Basisfläche oP, welche, da sie den beiden Nebenachsen parallel läuft, für die Stellung der Kristalle ausschlaggebend ist. Wird die Hauptachse $= \infty$, so entsteht das Prisma ∞P (Fig. 55).

3. Ganz gleich erhalten wir für die Orthoachse das Orthodoma $\pm P\bar{\infty}$ (vorderes und hinteres Querhemidoma) und das Orthopinakoid $\infty P\bar{\infty}$. (Die beiden Zeichen für die Nebenachsen heißen gerade — und schief \\.)

4. Für die Klinoachse erhält man das Klinodoma oder schiefe Dach $P\overset{\diagdown}{\infty}$ und das Klinopinakoid $\infty P\overset{\diagdown}{\infty}$.

Fig. 52. Gips.
l n f p
$-P . +P . \infty P . \infty P\overset{\diagdown}{\infty}$.

Fig. 53. Hornblende.
p r M x
$oP . +P . \infty P . \infty P\bar{\infty}$.

Fig. 54. Augit.
s M l r
$+P . \infty P . \infty P\bar{\infty} . \infty P\overset{\diagdown}{\infty}$.

Fig. 55. Adular.
p x T
$oP . P\bar{\infty} . \infty P$.

Fig. 56. Orthoklas.
p y T M
$oP . 2P\bar{\infty} . \infty P . \infty P\overset{\diagdown}{\infty}$.

Fig. 57. Orthoklas.
p y n T M
$oP . 2P\bar{\infty} . 2P\overset{\diagdown}{\infty} . \infty P . \infty P\overset{\diagdown}{\infty}$

Zur Übersicht der Ableitungen dient ein entsprechendes Schema wie im rhombischen System:

[1]) griech. hémi = halb.

$\overset{<}{m}P\bar{\infty}$ .... $P\bar{\infty}$ .... $\overset{>}{m}P\bar{\infty}$ .... $\infty P\bar{\infty}$

$P\bar{m}$

oP .... $\overset{<}{m}P$ .... P .... $\overset{>}{m}P$ .... ∞P

$P\grave{m}$

$\overset{<}{m}P\grave{\infty}$ .... $P\grave{\infty}$ .... $\overset{>}{m}P\grave{\infty}$ .... $\infty P\grave{\infty}$

Fig. 58.

M o n o k l i n e M i n e r a l i e n sind: Gips, Hornblende, Augit, Orthoklas (Fig. 52—57).

5. Das trikline System.

Die Kristalle dieses Systems besitzen keine Symmetrieebene mehr, wohl aber noch, wie alle andren Systeme, einen Symmetriepunkt. *(O* in Fig. 59.) Sie haben drei ungleich lange Achsen, die alle schief zu einander stehen (Fig. 59). Die längste wird als V e r t i k a l a c h s e *(a)* gewählt, die zweitgrößte wird quer gestellt und heißt M a k r o a c h s e *(c)* und die kürzeste läuft als B r a c h y a c h s e *(b)* schief an dem Beschauer vorbei.

1. Die t r i k l i n e P y r a m i d e wird von 8 ungleichseitigen Dreiecken umschlossen, von denen je 2 einander parallel und kongruent sind; sie liegen in Bezug auf den Kristallmittelpunkt *O* symmetrisch: *A* und *B* in Fig. 59. Die einzelnen Flächenpaare werden durch Striche rechts und links, unten und oben von *P* bezeichnet, so daß die ganze Pyramide $,'P,'$ erhält (Fig. 60).

Fig. 59.

Fig. 60.

2. Bei der A b l e i t u n g verfährt man wie im rhombischen System und erhält so das P r i s m a $\infty P'$, $\infty\ 'P$ und die B a s i s oP; dann das vordere M a k r o d o m a $'P'\ \bar{\infty}$ und das hintere Makrodoma $,P,\ \bar{\infty}$ und das M a k r o p i n a k o i d $\infty P\bar{\infty}$; ebenso das rechte $P'\ \breve{\infty}$ und das linke $'P\breve{\infty}$ B r a c h y d o m a und das B r a c h y p i n a k o i d $\infty P\breve{\infty}$.

T r i k l i n kristallisieren: Albit, Axinit, Kupfervitriol (Fig .61, 62).

Fig. 61. Albit.

$\overset{l}{\infty{'}P} \,.\, \overset{T}{\infty P{'}} \,.\, \overset{p}{oP} \,.\, \overset{M}{\infty \breve{P} \infty} \,.\, \overset{s}{P,} \,.\, \overset{x}{\bar{P} \infty}$.

Fig. 62. Kupfervitriol.

$\overset{T}{\infty P{'}} \,.\, \overset{M}{\infty{'}P} \,.\, \overset{P}{P{'}} \,.\, \overset{n}{\infty \bar{P} \infty} \,.\, \overset{r}{\infty \breve{P} \infty} \,.\, \overset{s}{2 \breve{P}{'} 2}$.

6. Das hexagonale System.

Die hexagonalen Kristalle haben 7 Symmetrieebenen und 4 Achsen (Fig. 63). Drei der letzteren liegen in einer Ebene, sind gleich lang und schneiden sich unter gleichen Winkeln von 60°. Auf dem Schnittpunkt derselben steht die 4. Achse als Hauptachse *(a)* senkrecht. Von den 3 gleichen Nebenachsen *(b)* wird eine quer gestellt, wodurch das, durch die drei Nebenachsen bestimmte Hexagon, die in Fig. 64 angegebene Lage erhält.

Fig. 63. Fig. 64. Basis der hexagonalen Pyramide. Fig. 65. *P*.

1. Die hexagonale Pyramide *P* (Fig. 65) ist umschlossen von 12 gleichschenkligen Dreiecken, die sich in 12 Polkanten und 6 Seitenkanten schneiden, welch letztere in der hexagonalen Basis liegen. Die 2 Polecken sind die Endpunkte der Hauptachse und die 6 Basisecken die Endpunkte der Nebenachsen.

2. Die Ableitung der übrigen Gestalten ist analog wie im tetragonalen System. So erhält man durch Variieren der Hauptachse das Prisma ∞P und die Basisfläche oP (Fig. 66).

3. Wenn die Nebenachsen sich vergrößern, so erhält man zunächst aus der hexagonalen Pyramide eine 12seitige, deren Polkanten abwechslungsweise gleich sind, weswegen man sie dihexagonale Pyra-

mide *Pn* nannte (Fig. 67). Wird jetzt noch die Hauptachse $= \infty$, so erhalten wir das dihexagonale Prisma ∞ *Pn*.

4. Erreicht der Koeffizient auf den Nebenachsen den Wert 2, so erhalten wir eine hexagonale Pyramide in anderer Stellung, die Deutero-

Fig. 66. $\infty P \,.\, oP$.

Fig. 67. Basis der dihexagonalen Pyramide.

Fig. 68. Ableitung des Koeffizienten 2.

pyramide $P2$ (Fig. 68) und das Deuteroprisma $\infty P2$.

5. Das Ableitungs-Schema für die holoedrischen Formen ist folgendes:

$$oP \quad \begin{array}{llll} \overset{<}{m}P \cdots & P \cdots & \overset{>}{m}P \cdots & \infty P \\ \overset{<}{m}Pn \cdots & Pn \cdots & \overset{>}{m}Pn \cdots & \infty Pn \\ \overset{<}{m}P2 \cdots & P2 \cdots & \overset{>}{m}P2 \cdots & \infty P2 \end{array}$$

Fig. 69.

6. Die hemiedrischen Formen sind in diesem System häufig und zeigen von den Holoedern sehr abweichende Symmetrieverhältnisse, weswegen man in neuerer Zeit diese Formen auch in einem besondern System, dem trigonalen, zusammengestellt hat.

Ableitung. Wenn man bei der hexagonalen Pyramide die abwechselnden nicht an Kanten zusammenstoßenden Flächen erweitert bis die übrigen verschwinden, so erhält man eine von 6 gleichen Rhomben begrenzte Form, das Rhomboeder, Fig. 70. Wegen dem häufigen Vorkommen bezeichnet man es statt mit $\frac{P}{2}$ mit *R*. Durch Erweiterung der andern 6 Flächen erhält man das Gegenrhomboeder $-R$, das sich von $+R$ nur durch die Stellung unterscheidet.

Je nach der Länge der Hauptachse erhält man stumpfere Rhomboeder $\overset{<}{m}R$ (Fig. 71) oder spitzere Rhomboeder $\overset{>}{m}R$ (Fig. 72).

Erweitert man analog die abwechselnden Flächenpaare der dihexagonalen Pyramide, so erhält man das Skalenoeder[1]) *Rn* (Fig. 73).

[1]) griech. skalenós = ungleichschenklig.

Der Koeffizient n bezieht sich hier ausnahmsweise auf die Hauptachse und gibt an, wie viel mal größer dieselbe ist, als bei dem entsprechenden Rhomboeder.

Fig. 70. R. Fig. 71. $\overset{<}{m} R$ Fig. 72. $\overset{>}{m} R$ Fig. 73. Rn.

Beispiele für hexagonale Kombinationen sind: Beryll, Apatit, Grünbleierz; hemiedrisch: Calcit, Eisenspat, Magnesit und Quarz. (Fig. 74—79.)

Fig. 74. Beryll.
$\overset{M}{\infty P} . \overset{s}{2P2} . \overset{m}{oP}$.

Fig. 75. Calcit.
$\overset{P}{+R} . \overset{f}{-2R}$.

Fig. 76. Calcit.
$\overset{P}{R} . \overset{r}{R3}$.

Fig. 77. Calcit.
$\overset{P}{R} . \overset{r}{R3} . \overset{y}{R5}$.

Fig. 78. Quarz.
$\overset{P}{+R} . \overset{z}{-R} . \overset{r}{\infty R}$.

Fig. 79. Quarz.
$\overset{P}{+R} . \overset{z}{-R} . \overset{r}{\infty R}$.

7. Die Symmetrie der Kristalle.

Wenn wir die 6 Kristallsysteme inbezug auf ihre Symmetrieverhältnisse mit einander vergleichen, so finden wir, daß sie sich nach der Zahl ihrer Symmetrieebenen in eine Reihe ordnen lassen, die mit den tesseralen Formen beginnt und mit den triklinen schließt. Man unterscheidet Hauptsymmetrieebenen, die auf mehr als zwei andern Symmetrieebenen senkrecht stehen und Nebensymmetrieebenen, bei denen dies nicht der Fall ist.

1. Das tesserale System hat 9 Symmetrieebenen, davon gehen die 3 Hauptsymmetrieebenen durch je zwei Achsen, und die 6 Nebensymmetrieebenen durch je eine Achse und die Mitten zweier gegenüberliegender Kanten.

Die Hemieder zeigen nicht so vollständige Symmetrieverhältnisse, wie die entsprechenden Holoeder, so weist das Tetraeder nur 6 und das Pentagondodekaeder nur 3 Nebensymmetrieebenen auf. Ähnlich verhält es sich mit den andern Hemiedern, sie haben immer geringere Symmetrie, als die Holoeder, von denen sie abgeleitet sind.

2. Das hexagonale System hat 7 Symmetrieebenen, davon ist diejenige, in der die drei Nebenachsen liegen, eine Hauptsymmetrieebene. Von den 6 Nebensymmetrieebenen gehen 3 durch die Hauptachse und eine Nebenachse und 3 durch die Hauptachse und die Mitten je zweier gegenüberliegender Basiskanten. Das Rhomboeder hat nur 3 Nebensymmetrieebenen.

3. Das tetragonale System hat 5 Symmetrieebenen. Die Hauptsymmetrieebene schließt die beiden Nebenachsen in sich, die 4 Nebensymmetrieebenen werden analog wie im hexagonalen System gelegt.

4. Das rhombische System hat nur noch drei Symmetrieebenen, die alle Nebensymmetrieebenen sind, da sie durch je zwei der nicht gleich langen Achsen gehen.

5. Das monokline System hat nur noch eine Symmetrieebene, welche durch die beiden schiefen Achsen geht, es wurde deswegen auch das monosymmetrische System genannt.

6. Das trikline System hat gar keine Symmetrieebene mehr, weswegen man es auch das asymmetrische heißt.

Da die Senkrechten zu den Symmetrieebenen im Symmetriepunkt zugleich auch Symmetrieachsen sind, so sind die Kristallachsen der ersten 4 Systeme auch Symmetrieachsen und haben dadurch für die Kristallgestalt eine höhere Bedeutung als irgend drei willkürlich gewählte Linien. Im monoklinen System aber ist nur noch die Orthoachse eine Symmetrieachse, und das trikline hat gar keine Symmetrieachse mehr.

Das zeigt sich auch deutlich in der Willkür, welche hier bei der Wahl der Achsen herrscht. Nur die Punktsymmetrie ist auch dem letzten, unregelmäßigsten System geblieben. Da 5- und 7teilige Achsensysteme sich nicht lückenlos aneinanderreihen lassen, können sie nicht im Reich der Kristalle vorkommen.

Die genaue Berücksichtigung aller Symmetrieverhältnisse haben die Forscher dazugeführt 32 Kristallsysteme zu unterscheiden, die sich auf unsere 6 Systeme ungleich verteilen, so z. B. gehören zum hexagonalen System 12, zum triklinen aber nur 2 derselben.

8. Zwillinge und Parallelverwachsung.

Bei der Verwachsung der Kristalle mit einander kann man häufig eine bestimmte Gesetzmäßigkeit beobachten. Sind die entsprechenden Achsen der Kristalle einander parallel und nur die Achsenmittelpunkte verschoben, so spricht man von Parallelverwachsung (Calcit, (Fig. 80) Quarz, Kochsalz).

Fig. 80. Parallelverwachsung von 2 Calcitkristallen.

Fig. 81. Magnetit (bei *k* einspringende Winkel).

Fig. 82. Zinnerz-Zwilling nach $P\infty$.

Sind zwei Kristalle nach einer möglichen Kristallfläche symmetrisch verwachsen, so bilden sie einen Kontakt-Zwilling. Man erhält einen solchen Zwilling, wenn man sich einen normalen Kristall nach einer möglichen Kristallfläche entzweigeschnitten und den einen Teil um 180° gegen den andern gedreht denkt (Fig. 81 und 82). Solche Zwillinge

Fig. 83. Hornblende, Zwilling nach $\infty P\bar{\infty}$. $\overset{p}{oP}.\overset{r}{P}.\overset{M}{\infty P}.\overset{x}{\infty P\breve{\infty}}$.

Fig. 84. Augit. $\overset{s}{P}.\overset{M}{\infty P}.\overset{l}{\infty P\breve{\infty}}.\overset{r}{\infty P\bar{\infty}}$. Zwilling nach $\infty P\bar{\infty}$.

Fig. 85. Albit. Zwilling nach $\infty P\breve{\infty}$.

Fig. 86. Plagioklas-Vielling.

erkennt man leicht an den einspringenden Winkeln (Fig. 84); selten sehen sie einem Einzelkristall ähnlich, der dann scheinbar eine Symmetrieebene mehr besitzt (Fig. 83).

Wenn mehrere Kristalle in dieser Weise gesetzmäßig verwachsen sind, so erhält man Drillinge (Aragonit), Vierlinge (Adular), Fünflinge (Hausmannit), Sechslinge (Rutil) und Viellinge (Plagioklase). Bei diesen letzteren kann es vorkommen, daß von den einzelnen Kristallen nur dünne Lamellen (Zwillingslamellen) vorhanden sind, so daß man das Mineral an der sogenannteu Zwillingsstreifung als zusammengesetzt erkennt (Plagioklase) (Fig. 85 und 86).

Fig. 87. Gipszwilling nach $\infty P \overline{\infty}$.

Durchwachsen zwei Kristalle einander gesetzmäßig, so bilden sie einen Durchdringungszwilling (Gips) (Fig. 87).

9. Unvollkommenheiten der Kristalle.

Da die Kristalle in der Natur meist aufgewachsen oder eingewachsen und nur selten lose vorkommen, so sind sie fast nie ringsum regelmäßig ausgebildet. Auch sonst zeigen sie häufig anormale Erscheinungen. Vielfach findet man Rauheit der Flächen (Kalkspat), Streifung (Quarz), Drusigkeit (Flußspat) oder Krümmung derselben (Eisenspat und Bitterspat). Oft fehlen einzelne Flächen und andere sind stärker entwickelt, dadurch können neue Kanten bedingt sein = Verzerrung (Alaun Fig. 88 und 89). Aber trotz dieser Unregelmäßigkeiten bleiben die Symmetrieverhältnisse und Winkelkonstanz (s. S. 2) immer gewahrt.

Fig. 88. Fig. 89.

10. Mineralaggregate.

Wenn viele einzelne Kristallindividuen mit einander verwachsen vorkommen, so nennt man das ein Mineralaggregat.[1]) Der Aufbau, Struktur[2]) desselben heißt je nach dem Aussehen: blättrig, schuppig, stenglig, faserig, körnig; bei letzterem unterscheidet man wieder nach der Größe des Korns: grobkörnig (Kochsalz), feinkörnig (Marmor) und dicht, wenn man von bloßem Auge keine Kristalle mehr unterscheiden kann (Kalkstein, Gips).

[1]) lat. aggregāre = zur Herde bringen, anhäufen. — [2]) lat. strūere = bauen, aufbauen.

Inbezug auf die äußere Umgrenzung unterscheidet man kugelige, traubige Gestalten (Brauneisenerz), Krusten, Stalaktiten (Tropfstein, Kochsalz) und haarförmige Ausbildungen (Asbest). Sind die Aggregate nach außen kristallographisch begrenzt, so spricht man von Kristallgruppen und Kristalldrusen. Die Kristallgruppe wird von einer größeren Zahl von Kristallen gebildet, die mehr oder weniger um ein Zentrum herum ausgebildet sind (Eisenrose, Speerkies). Kristalldrusen sind Aggregate, deren Kristallenden in einen Hohlraum hineinragen (Quarzdruse, Calcitdruse).

B. Physikalische Kennzeichen der Mineralien.

Die physikalischen Eigenschaften sind neben der Kristallgestalt am geeignetsten zur Bestimmung eines Minerals; denn sie können meist leicht und ohne Veränderung der Mineralsubstanz erkannt werden.

1. Die Härte.

Die Härte eines Minerals erkennt man an dem Widerstande, den es dem Ritzen mit einem andern spitzigen Gegenstand entgegensetzt. Um einen Vergleich der verschiedenen Härtegrade zu haben, hat man eine Härteskala aufgestellt, welche aus nachstehenden 10 Mineralien, von denen jedes folgende härter als das vorangehende ist, besteht:

1. Talk, 2. Gips, 3, Kalkspat, 4. Flußspat, 5. Apatit, 6. Feldspat 7. Quarz, 8. Topas, 9. Korund, 10. Diamant.

Durch Ritzversuche mit diesen Härtestufen läßt sich die Härte eines Minerals leicht bestimmen; dabei ist zu bemerken, daß die Mineralien immer an den Kanten etwas härter sind als auf den Flächen.

In Ermangelung der Härteskala kann man sich ziemlich gut mit Hilfe des Fingernagels $H = 2^1/_4$ und des Taschenmessers $H = 5^1/_2$—6 über die Härte eines Minerals orientieren. An der Leichtigkeit des Ritzens kann man die Härte ungefähr abschätzen.

2. Spaltbarkeit.

Viele Mineralien lassen sich in einer oder mehreren Richtungen (Blätterdurchgänge) ebenflächig spalten. Das rührt daher, daß die Kristallmasse nicht überall gleiche Kohäsion hat, sondern eine innere Kristallstruktur aufweist, die ihrerseits durch die Art des Wachstumsvorgangs (Apposition) bedingt ist. So ist es möglich, bei einigen Mineralien kleine Blättchen abzulösen (Glimmer, Graphit), bei andern ganze sogenannte Spaltungskörper herauszuschlagen, so beim Kochsalz einen Würfel, beim Flußspat ein Oktaeder, beim Kalkspat ein Rhomboeder, bei Hornblende und Feldspat ein Prisma. Da die Blätterdurchgänge sich an jedem kleinen Stückchen des Minerals zeigen, auch wenn keine äußere

Kristallgestalt vorhanden ist, so bildet die Spaltbarkeit ein wichtiges Kennzeichen vieler Mineralien, indem man aus dem innern Aufbau auf die äußere Kristallgestalt schließen kann. Wenn ein Mineral keine ebenen Spaltflächen zeigt, so nennt man den unregelmäßigen Bruch je nach dem Aussehen: muschelig, körnig, splittrig.

3. Spezifisches Gewicht.

Das spezifische Gewicht gibt an, wie viel mal schwerer das Mineral ist als ein gleiches Volumen Wasser bei 4° Celsius. Die meisten Mineralien haben ein Gewicht von 2—4, weswegen das Gewicht bei der Mineralbestimmung seltener ausschlaggebend ist. Besonders leicht sind Erdwachs 0·9, Bernstein 1·1, Asphalt 1·2, Meerschaum 1·5, Schwefel 2, Graphit 2·1, Ton 2·2; besonders schwer sind die Erze und die gediegenen Metalle wie Wismut 9, Silber 11, Quecksilber 13·6, Gold 19·5 und Platin 21·5 (der schwerste aller irdischen Körper).

4. Glanz.

Ein wichtiges Kennzeichen bei der Mineralbestimmung ist auch der Glanz. Man unterscheidet Metallglanz (alle Metalle und fast sämtliche Erze) und nichtmetallischen Glanz; bei diesem wieder spricht man von Glasglanz (Bergkristall, Kalkspat, Cölestin), Fettglanz (Talk, Schwefel, Erdwachs), Diamantglanz (Diamant, Zinkblende, Rubin) und Perlmutterglanz (Gips, Adular, Glimmer).

5. Magnetische und elektrische Eigenschaften.

Es gibt einige Mineralien, welche die Magnetnadel und Eisenfeilspäne anziehen (Magnetit und Magneteisenkies). Andere Mineralien werden durch Reiben elektrisch und ziehen Papierschnitzel an (Bernstein, Schwefel).

6. Optische[1]) Eigenschaften.

a) Farbe. Viele Mineralien haben stets eine bestimmte eigene Färbung (Charakterfarbe) z. B. Malachit = grün, Azurit = blau, Eisenkies = speisgelb,[2]) Realgar = rot, Auripigment = goldgelb; andere sind durch zufällige Beimischungen (Pigmente[3]) gefärbt. So bedingt ein Gehalt von Eisenoxyd eine rötliche, von Eisenhydroxyd eine gelbe bis braune, von Eisenoxydul eine grünliche, von Eisenoxyduloxyd eine schwarze und von organischer Substanz eine graue bis schwarze Farbe.

Von der Mineralfarbe ist häufig die Strichfarbe verschieden, welche man durch Reiben auf einem weißen rauhen Porzellanstück (Bisquit) erhält. So hat der gelbe Eisenkies einen grauschwarzen und der

[1]) griech. optikós = zum Sehen gehörig. [2]) Farbe der Glockenspeise. [3]) lat. pigméntum = Farbstoff.

ähnlich gefärbte Kupferkies einen grünlichschwarzen Strich, der schwarze Eisenglanz einen rötlichen und der schwarzbraune Glaskopf einen gelbbraunen Strich.

Oft treten oberflächlich bunte Farbenerscheinungen auf, welche man Anlauffarben nennt; es sind Interferenzfarben, welche von einer dünnen durch beginnende Zersetzung bedingten Haut, die das Mineral überzieht, herrühren. Ähnliche Interferenzfarben werden auch auf Spaltflächen durch dünne Luftschichten in den Spaltrissen hervorgerufen = Irisieren. Eine ganz analoge Erscheinung bedingt den merkwürdigen Perlmutterglanz.

b) Dichroismus.[1]) Einige Mineralien zeigen im durchfallenden Lichte nicht in allen Richtungen dieselbe Farbe: Dichroismus (Saphir, Turmalin).

c) Fluoreszenz heißt die Farbenverschiedenheit eines Minerals bei auffallendem und durchfallendem Lichte: manche Fluorite grün und blau.

d) Phosphoreszenz[2]) nennt man das Leuchten einiger Mineralien im Dunkeln, hervorgerufen durch vorherige Beleuchtung (Diamant), durch Erwärmen (Flußspat), durch Reiben zweier Stücke (Quarz), durch Zerreißen (Glimmer).

e) Lichtbrechung und Interferenzbilder.

Wenn ein Lichtstrahl aus der Luft in einen Kristall eintritt, so wird er, da er in ein dichteres Medium gelangt, dem Einfallslote zugebrochen. Gehört der Kristall in das reguläre System, so tritt in allen Richtungen nur einfache Brechung ein. In allen andern Systemen wird der Lichtstrahl nicht nur abgelenkt, sondern zugleich in zwei Strahlen zerlegt, so daß man von jedem Gegenstand ein doppeltes Bild erhält (doppelte Lichtbrechung). Besonders schön zeigt dies der Kalkspat (Doppelspat) (Fig. 90), und durchsichtige Kristalle von Schwefel.

Fig. 90. Doppelspat.
Einfache Schrift, durch den Doppelspat betrachtet.

Diejenigen Kristalle, welche eine Hauptsymmetrieebene haben (tetragonal und hexagonal), zeigen eine Richtung, in welcher das Licht nur

[1]) griech. dis = zwei. — griech. chróios = gefärbt. — [2]) griech. phos = Licht, — phóros = tragend.

einfach gebrochen wird; diese Richtung fällt mit der Hauptkristallachse zusammen und heißt die optische Achse. Diese Kristalle nennt man deswegen optisch einachsig. Diejenigen Systeme, welche keine Hauptsymmetrieebene mehr haben (rhombisch, monoklin und triklin), zeigen zwei Richtungen, in denen die Brechung einfach ist, sie sind also optisch zweiachsig.

Zur Erkennung und Unterscheidung dieser Verhältnisse dient am besten die Turmalinzange (Fig. 91). Dieselbe besteht aus zwei Turmalinplättchen, die parallel zur Hauptachse geschnitten sind; diese lassen das Licht nur in der Richtung der Hauptachse hindurch (polarisiert). Die Plättchen sind in Ringe gefaßt, in welchen sie gegen einander gedreht werden können.

Fig. 91.

Wenn die beiden Plättchen gekreuzt gestellt sind (Fig. 92), so geht kein Licht hindurch, da die beiden Durchlaßrichtungen (Pfeile) senkrecht zu einander stehen. Bringt man nun ein Stückchen eines einfachbrechenden Minerals dazwischen, so bleibt das Gesichtsfeld dunkel; gehört dasselbe aber einem doppelbrechendem Mineral an, so tritt eine Erhellung ein, da das Licht in zwei Richtungen abgelenkt wird.

Fig. 92.

Legt man ein senkrecht zur optischen Achse geschliffenes Kristallstück eines optisch einachsigen Minerals zwischen die gekreuzten Turmalinplättchen, so erhält man untenstehendes Achsenbild (Fig. 93) in bunten Interferenzfarben. Die zwei zu einander senkrechten, dunklen Geraden heißen das Achsenkreuz und ihr Schnittpunkt ist der Austrittsort der optischen Achse. Die farbigen Ringe heißen Interferenzringe.

Fig. 93. Achsenbild eines optisch einachsigen Körpers.
(Nach Liebisch' Physikalischer Kristallographie.)

Fig. 94. Achsenbild eines optisch zweiachsigen Kristalles (45^0 Stellung).
(Nach Liebisch' Physikalischer Kristallographie.)

Ein Plättchen eines optisch zweiachsigen Kristalls, das senkrecht zur Winkelhalbierenden der beiden optischen Achsen geschliffen ist, zeigt zwischen den gekreuzten Turmalinplättchen ein anderes Achsenbild in prächtigen Farben (Fig. 94). Die farbig erscheinenden geschlossenen Kurven sind die Lemniskaten[1]) und die Scheitelpunkte der dunkeln Hyperbeln zeigen die Austrittspunkte der optischen Achsen an.

Im Polarisationsmikroskop benützt man an Stelle der Turmalinplättchen ähnlich wirkende Kalzitspaltstücklein (Nicolsches Prisma) zur Untersuchung der Mineralien und Gesteine.

7. Zusammenhang der kristallographischen und physikalischen Eigenschaften.

Die mannigfachen Beziehungen zwischen der Kristallform und den physikalischen Eigenschaften sind im Nachstehenden zusammengestellt.

1. Die Kristalle des tesseralen Systems haben 3 Hauptsymmetrieebenen, und dementsprechend ist die Kohäsion der einzelnen Teilchen überall dieselbe. Aus diesem Grunde haben wir hier niemals nur eine Spaltrichtung, sondern immer wenigstens drei, und das Licht wird in allen Richtungen gleich und zwar einfach gebrochen.

2. Die Kristalle des tetragonalen und hexagonalen Systems haben eine Hauptsymmetrieebene und dementsprechend in der dazu senkrechten Richtung (Hauptachse) verschiedene Kohäsion; deswegen ist entweder nur eine Spaltbarkeit nach der Basis oder dann mehrfache Spaltbarkeit in andern Richtungen vorhanden. Optisch sind diese Kristalle doppeltbrechend in allen Richtungen mit Ausnahme der Richtung der Hauptachse, in welcher sie einfach brechend sind.

3. Die Kristalle des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems haben keine Hauptsymmetrieebene mehr; deswegen sind die Kohäsionsverhältnisse nur in parallelen Flächen dieselben, und dadurch wird bedingt, daß meist nur eine Spaltrichtung da ist, und wenn mehrere sich vorfinden, so sind sie ungleich deutlich. Optisch sind die Kristalle doppeltbrechend und zweiachsig.

Alle diese Verhältnisse sind Folgerungen des allgemeinen Gesetzes: Diejenigen Richtungen, die geometrisch gleichwertig sind, verhalten sich auch physikalisch gleich.

---

[1]) griech. lemniskós = Bandschleife (Schleifenkurve).

8. Vom inneren Bau der Kristalle.

Zur Feststellung der gegenseitigen Lage der Atome in den Kristallen hat man die Röntgenstrahlen benutzt, da dieselben so kurze Wellenlängen haben wie die errechnete Distanz der Moleküle in den Kristallen (nämlich 0,3—12.10^{-8} cm). Lassen wir die Röntgenstrahlen durch einen Kochsalzwürfel fallen, so erhalten wir auf der dahinterliegenden photographischen Platte ein Bild, welches ganz regelmäßig symmetrisch verteilte dunkle Punkte zeigt, Laue-Diagramm[1]) (Fig. 94a). Man muß daraus schließen, daß das Kristallinnere nicht gleichmäßig von der Kochsalzsubstanz erfüllt sein kann, sondern entsprechend diesen Punkten aus einzelnen diskreten Massen-

Fig. 94a.
Laue-Diagramm.

teilchen zusammengesetzt ist. Da man bei jeder Substanz ein anderes Diagramm erhält, auch wenn zwei Stoffe in demselben System kristallisieren, hat man angenommen, daß diese Diagramme von der Anordnung der verschiedenen Gitterebenen, in denen die Atome liegen, herrühren müssen und durch Interferenz der Röntgenstrahlen an den Schnittpunkten derselben hervorgerufen werden.

So ist es möglich geworden für das Kochsalz, das in Würfeln kristallisiert, durch eingehendes Studium des Diagrammes nebenstehendes Raumgitter zu bestimmen (Fig. 94b). Wir sehen, daß nicht nur *Cl*- und *Na*-Atome regelmäßig in gleichen Abständen miteinander abwechseln, sondern

[1]) Entdecker M. von Laue.

auch, daß jedes *Cl*-Atom das Zentrum eines Oktaeders ist, in dessen 6 Ecken *Na*-Atome stehen, und desgleichen ist jedes *Na*-Atom von 6 *Cl*-Atomen umgeben; das steht im Einklang mit der Tatsache, daß das Kochsalz aus einer Lösung von Harnstoff nicht in Hexaedern sondern in Oktaedern kristallisiert. (Zeichne ein solches *Na*-Oktaeder und ein *Cl*-Oktaeder in das Raumgitter ein.) Mit Hilfe der Loschmidt'schen Zahl (65×10^{22} Atome in 1 gr. Wasserstoff) und der Distanz der diskreten Teilchen (10^{-8} cm) hat

Fig. 94 b.

Raumgitter des Kochsalzes.

Die einzelnen Gitterpunkte entsprechen den Atomen (● = *Na*, ○ = *Cl*). Die Gitterebenen stehen entsprechend dem regulären System in drei zueinander senkrechten Ebenen.

man sogar einen rechnerischen Einblick in den Aufbau der Kistalle erhalten.

Aus der Raumgitterstruktur kann man die physikalischen Eigenschaften der Kristalle wie Spaltbarkeit, Lichtbrechung, Polarisation herleiten. So ist es gelungen, durch Bestimmung der Raumgitter für Graphit und Diamant das ganz verschiedene Verhalten (Habitus, Spaltbarkeit) dieser chemisch gleichen Stoffe, zu erklären[1]).

C. Chemische Kennzeichen der Mineralien.

Die chemische Zusammensetzung der Mineralien ist meistens für ihre Wichtigkeit im Haushalte der Natur und des Menschen ausschlaggebend; weil dieselbe aber erst durch eine genauere chemische Prüfung erkannt werden kann, so wird dieses Bestimmungselement nur in den Fällen, in denen die morphologischen und physikalischen Merkmale nicht ausreichen, angewendet.

---

[1]) Siehe P. Nigglis Lehrbuch der Mineralogie S. 311 f. f.

1. Chemische Formel.

Jedes Mineral hat nicht nur eine ihm eigentümliche Art zu kristallisieren, sondern auch eine nur ihm zukommende chemische Zusammensetzung, die durch die chemische Formel ausgedrückt wird. Dieselbe ist, die einfachsten Grundlehren der Chemie vorausgesetzt, meistens leicht zu bilden an Hand der nachstehenden Wertigkeitstabelle.

Wertigkeitstabelle der Elemente.

einwertig	zweiwertig	dreiwertig	vierwertig	drei- und fünfwertig
H	*O* } 3.	*B*	*C* } 8.	*N* }
Cl }	*S* }	*Al*	*Si* }	*P* }
Br } 1.	*Be* } 4.	*Fe* }	*Sn* }	*As* } 10.
J }	*Mg* }	*Ni* }	*Ti* } 9.	*Sb* }
F }	*Ca* }	*Co* } 7.	*Zr* }	*Bi*
K }	*Sr* } 5.	*Cr* }	*Pt*	
Na } 2.	*Ba* }	*Mn* }		
Li }	*Zn* }	*Ur* }		
Ag	*Pb* } 6.	*Au*		
	Cu }			
	Hg			

1. Halogene, 2. Alkalien, 3. Sauerstoffgruppe, 4. Magnesiumgruppe, 5. Alkalische Erden, 6. Bleigruppe, 7. Eisengruppe, (ist auch 2- und 4 wertig), 8. Kohlenstoffgruppe, 9. Zinngruppe, 10. Stickstoffgruppe.

Da die Wertigkeit eines Elementes nicht in Bezug auf alle andern Elemente die gleiche ist, so gibt es einige Mineralien, die Ausnahmen von der obigen Tabelle bilden, z. B. Eisenkies $Fe\,S_2$, Braunstein $Mn\,O_2$, Rotkupfererz $Cu_2\,O$.

Um die Formeln übersichtlicher zu machen und die gegenseitigen Beziehungen gewisser Mineralarten besser hervortreten zu lassen, zieht man häufig eine, vom normalen Gebrauch in der Chemie etwas abweichende Bezeichnungsweise vor. So trennt man oft mit Vorteil die Salze in Basen- und Säureanhydride, z. B.

Chromeisenstein $Fe\,Cr_2\,O_4 = Fe\,O \,.\, Cr_2\,O_3$.

Zirkon $Zr\,Si\,O_4 = Zr\,O_2 \,.\, Si\,O_2$.

Meerschaum $H_4\,Mg_2\,Si_3\,O_{10} = 2\,H_2\,O \,.\, 2\,Mg\,O \,.\, 3\,Si\,O_2$.

Orthoklas $K_2\,Al_2\,Si_6\,O_{16} = K_2\,O \,.\, Al_2\,O_3 \,.\, 6\,Si\,O_2$.

2. Vikarierende[1]) Elemente.

Elemente von gleicher Wertigkeit können einander in einer Verbindung oft zum Teil vertreten, ohne daß eine wesentliche Änderung der Kristallgestalt dadurch bedingt wäre. Solche Elemente nennt man vika-

[1]) lat. vicārius = Stellvertreter.

rierende; sie werden, wenn sie von erheblicher Menge sind, in der chemischen Formel auch angeführt und zwar in Klammern mit dem zum Teil ersetzten Element, z. B.

$(Ca, Mg)\, C\, O_3$ ist *Mg*-haltiger Kalkspat.

$Ca\,(Mg, Fe)_3\, Si_4\, O_{12}$ ist *Fe*-haltiger Strahlstein.

3. Isomorphismus.[1])

Wenn Mineralien von verschiedener chemischer Zusammensetzung in gleichen oder sehr ähnlichen Kristallformen kristallisieren, so nennt man sie isomorph. Z. B. Kalkspat $Ca\, C\, O_3$, Magnesit $Mg\, C\, O_3$ und Eisenspat $Fe\, C\, O_3$ sind rhomboedrisch isomorph, und Zinnstein $Sn\, O_2$ und Rutil $Ti\, O_2$ sind tetragonal isomorph. In diesen Fällen ist auch immer eine innige chemische Verwandtschaft zwischen den betreffenden Mineralien vorhanden, und dadurch wird eben auch die ähnliche äußerliche Gestalt bedingt.

4. Dimorphismus.[2])

Dieselbe chemische Substanz kann sich in der Natur in zwei verschiedenen Kristallformen finden, man nennt sie dann dimorph. Der tesserale Eisenkies z. B. und der rhombische Speerkies sind dimorphes Eisensulfid $Fe\, S_2$, ebenso sind der rhomboedrische Kalkspat und der rhombische Aragonit chemisch gleich zusammengesetzter kohlensaurer Kalk $Ca\, C\, O_3$. Diese merkwürdige Erscheinung wird durch die verschiedenen Verhältnisse, die bei der Bildung der Kristalle geherrscht haben, bedingt (bei $Ca\, C\, O_3$ z. B. Wärmeverhältnisse).

5. Pseudomorphismus.[3])

Die Mineralien bilden Pseudomorphosen, wenn sie sich in Kristallformen finden, die nicht ihnen, sondern andern Mineralien eigentümlich sind. So kann sich der Eisenspat in Brauneisenerz verwandeln, ohne daß die Rhomboedergestalt des ersteren verloren geht; man sagt dann Brauneisenerz ist pseudomorph nach Eisenspat. Ebenso kann Malachit pseudomorph nach Cuprit, Talk nach Dolomit, Kaolin nach Augit auftreten. Solche Umsetzungen, bei denen noch ein Teil der früheren Substanz verbleibt, nennt man Umwandlungspseudomorphosen. Wenn eine ganz neue Substanz in die Kristallform eines andern Minerals hineingeführt wird, so entsteht eine Ausfüllungspseudomorphose, z. B. Chalcedon nach Fluorit, Quarz nach Kalkspat.

6. Entstehung der Kristalle.

Von den mannigfachen Entstehungsweisen der Kristalle seien hier die wichtigsten angeführt:

a) Aus Lösung: Stellen wir in einer flachen Schale eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol ruhig bei Seite, so erhalten wir eine

[1]) griech. ísos = gleich, morphé = Gestalt. — [2]) griech. dímorphos = zweigestaltig. — [3]) griech. pséudos = unwahr, Lüge.

große Zahl prächtig ausgebildeter, blauer Kristalle, indem das auflösende Wasser nach und nach verdunstet. In dieser Weise bilden sich in der Natur Kristalle von Kochsalz, Gips, Kalkspat, Borax, Soda, Salpeter u. s. w. (s. chemische Sedimente, S. 144).

b) Aus Schmelzfluß: Lassen wir geschmolzenen Schwefel in einem Tiegel langsam erkalten, so bilden sich beim Erstarren lange, glänzende Kristallnadeln aus. So haben sich die Kristalle von Feldspat, Quarz, Glimmer, Augit, Hornblende, Olivin u. s. w. aus magmatischem Schmelzfluß gebildet (s. vulkanische Gesteine, S. 116).

c) Durch Sublimation: Erhitzen wir in einem Reagenzröhrchen Jod, so setzen sich im obern kältern Teile schöne, schwarze Kristallplättchen ab. In ähnlicher Weise bilden sich am Vulkanrand Kriställchen von Eisenoxyd, Schwefel, Gips, Auripigment u. s. w. (s. vulkanische Neubildungen, S. 166).

d) Durch Umsetzung: Überschichten wir in einem Becherglas eine Lösung von Calciumchlorid mit Natriumsulfat, so entstehen nach und nach feine, durchsichtige Kristallnadeln von Gips. Ähnlich bilden sich durch Einwirkung von heißen Lösungen und Dämpfen auf die umgebenden Gesteine Kristalle von Vesuvian, Granat, Epidot, Spinell u. s. w. (s. Kontaktmineralien, S. 166).

7. Einteilung der Mineralien.

Da die chemische Zusammensetzung das wichtigste Merkmal eines Minerals ist, so werden die verschiedenen Mineralspecies am besten nach chemischen Grundsätzen geordnet. Dadurch erhalten wir auch meist die natürlichste Gruppierung der kristallographisch und physikalisch nahe verwandten Mineralien.

I. Klasse. Elemente.
- *a)* Metalle.
  1. Edle Metalle.
  2. Unedle dehnbare Metalle.
  3. Unedle spröde Metalle.
- *b)* Nichtmetalle.

II. Klasse. Oxyde.
- *a)* Oxyde der Schwermetalle.
- *b)* Oxyde der Leichtmetalle.
- *c)* Oxyde der Nichtmetalle.

III. Klasse. Sulfide.
- *a)* Kiese.
- *b)* Glanze.
- *c)* Blenden.

IV. Klasse. Salze.
- *a)* Haloidsalze.
- *b)* Carbonate.
- *c)* Sulfate.
- *d)* Phosphate, Nitrate und Borate.
- *e)* Silikate.
  1. Hartkiesel.
  2. Hornblendeartige.
  3. Glimmer.
  4. Talkartige.
  5. Feldspate.
  6. Tone.
  7. Zeolithe.

V. Klasse. Organogene Mineralien.
- *a)* Zoogene. *b)* Phytogene.

II. Abschnitt.

Spezielle Mineralogie: Beschreibung der wichtigsten Mineralien.

Bei der speziellen Beschreibung der Mineralien wurde davon abgesehen, bei jedem Mineral die sonst üblichen Angaben von Härte, Gewicht und chemischen Reaktionen zu machen. Diese wurden nur bei den wichtigeren Mineralien angeführt und auch da nur, wenn sie als besonders hervortretende Merkmale betrachtet werden müssen. Für alle übrigen wird auf die beigegebenen Bestimmungstabellen verwiesen, welche alle behandelten Mineralien mit ihren wesentlichen Eigenschaften enthalten.

I. Klasse: Elemente.

a) Metalle.

1. Edle Metalle.

1. Das Gold findet sich selten in tesseralen Oktaedern und Würfeln kristallisiert. Meistens ist es draht- oder blechförmig oder bildet kleine Blättchen. Größere Klumpen[1]) wurden in Californien und Australien gefunden (größter 124 *kg*) (Fig. 95). Reines Gold hat eine tief gelbe Farbe. Härte (H) = 2—3, spez. Gewicht (Gew.) 19·5. Da es aber in der Natur

Fig. 95. Ein Goldklumpen von Ballarate in Australien, in natürlicher Größe, 827 *g* schwer, im Werte von 2800 Fr.

[1]) Welcome „Nugget" 83·5 *kg*, 1858 in Australien gefunden, verkauft zu 210.000 Fr.

fast immer mit Silber gemengt ist, so ist seine Farbe meist hellgelb und das Gewicht schwankt zwischen 15—19.

Vorkommen. Ist das Gold in Erzgängen oder Quarzgängen (Quarzgold) eingewachsen, so nennt man es Berggold; wurde es aber aus dieser ursprünglichen, primären Lagerstätte durch Wasser weggeschwemmt und mit dem Flußsand abgelagert, so heißt es Seifengold. In Californien (Fig. 96) sind die alten Seifen von der rückwärtsschreitenden Erosion wieder ergriffen und weiter transportiert worden, so finden sich dort die zuerst auf Gold ausgebeuteten Sande auf dritter, tertiärer Lagerstätte. In diesen Sanden hat zuerst der Aargauer Suter bei einem Mühlenbau das Gold entdeckt. Ähnliche Goldfelder finden sich in Australien, Neuseeland, Brasilien und Alaska. Im Übrigen führen die meisten größeren Flüsse in ihrem Sande feine Goldblättchen, so der Rhein, die Donau, die Isar. In der Schweiz lieferten die große und die kleine Emme, die Reuß und die Aare bis vor wenig Jahren noch lohnende Ausbeute durch den Schlämmprozeß. Berggold wurde eine Zeitlang am Calanda gewonnen. In der Gondoschlucht am Simplon wird jetzt noch Gold ausgebeutet, auch beim Durchstich des Gotthardtunnels stieß man auf einige Goldadern (Ta.III, 1).

Verwendung. Das Gold wird seiner Farbe, seines Glanzes und seiner Unveränderlichkeit wegen vielfach verwendet, muß aber seiner Weichheit wegen mit

Fig. 96. Goldwäsche in Californien.
Im Hintergrunde das Wasserreservoir und die Talsperre, davor eine Sielenleitung (Schleuse). In der Mitte und vorn links Hydranten (sogen. Moniteure) in Tätigkeit. Vorn rechts Goldwäscherwiege

Silber (Gelbgold) oder Kupfer (Rotgold) legiert werden. Bei Schmuckgegenständen wird der Goldgehalt in Karaten[1]) (*K*) angegeben. 24 *K* = reines Gold. Am meisten verwendet man 16—18 karätiges Gold. Bei Münzen wird der Gehalt in Tausendsteln

[1]) arab. Kirat = Karat = Gewicht des Samens des Johannisbrotes = 0·206 *g* (Wiener Karat); Karat gibt aber hier ein Verhältnis an. Siehe S. 36.

ausgedrückt. Das schweizerische 20 Fr. Stück ist 900 fein Vielfach werden Gegenstände aus Silber, Kupfer oder andern Metallen vergoldet. Gold ist nicht mehr das teuerste Metall. Gegenwärtig (1922) kostet: Verhältnis:

1 gr. Gold	3 Fr.	45 Rp.	1
1 „ Platin	12 „	— „	4
1 „ Silber	— „	12 „	1/30

Von diesen Preisen ist nur derjenige des Goldes seit Jahrzehnten konstant, während das Platin seit 30 Jahren im Preise um das 8fache gestiegen ist und das Silber seit vielen Jahren mehr als um die Hälfte gefallen ist, so daß ein 5 Fr. Stück nur noch den Wert von etwa 2 Fr. 45 Rp. hat. (Goldwährung.)

2. Das Silber wird etwa in Hexaedern kristallisiert gefunden (Fig. 97), ist aber häufiger haar-, draht- oder blechförmig im Gestein eingewachsen. Es hat rein weiße Farbe, in der Natur jedoch ist es meist

Fig. 97. Gediegenes Silber aus Kongsberg, kristallisiert, in nat. Größe, 311 *g* schwer.

gelblich oder schwärzlich angelaufen, teils vom Gehalt an Kupfer, Arsen oder Eisen, teils vom Schwefelwasserstoff herrührend. Wegen den Verunreinigungen schwankt das Gewicht zwischen 10 und 11, rein 10·5.

Vorkommen. Das Silber findet sich merkwürdigerweise niemals in Seifen, sondern nur auf Gängen, Silberadern, fast überall zugleich mit Silbererzen z. B. im Erzgebirge, Freiberg, Marienberg, Andreasberg im Harz, dann in Přibram in Böhmen, Schemnitz in Ungarn, Kongsberg in Schweden; ferner in Kalifornien, Perú, Mexico und Argentinien.[1]) Letztere drei Fundorte liefern das meiste Silber. In der Schweiz fand man Silber im Sernifit-Konglomerat auf der Mürtschenalp mit Buntkupferkies verwachsen (früher ausgebeutet). Auch aus dem Bleiglanz des Lötschentales wurde früher Silber gewonnen.

Verwendung. Wie Gold ist auch das Silber für sich zu weich zu praktischer Verwendung; es wird deshalb mit etwa 1/10 Kupfer legiert und zu Münzen und Schmuckgegenständen[2]) verarbeitet. Das schweizerische 5 Fr. Stück ist 900 fein, das 2 Fr. Stück nur 835 fein, die silbernen Gegenstände meist 800 fein.

[1]) lat. argentum = Silber, davon Argentinien = Silberland.

[2]) Der Gehalt an Silber wird hier in Loten angegeben: 16 lötig = reines Silber, meist wird 12 lötiges Silber verwendet.

3. Das Platin[1]) zeigt, wenn es kristallisiert ist, kleine Würfel, doch ist es fast nur als Seifenplatin, als glänzend reine Blättchen und kleine Klümpchen im Platinsand gefunden worden. Wegen einem immer vorhandenen Gehalt von Eisen oder von den sogenannten Platinmetallen (Palladium, Osmium und Iridium) schwankt sein Gewicht zwischen 17 und 18; rein beträgt es 21·5 (schwerster Körper).

Vorkommen. Das Platin kommt nur am Ural und in Brasilien vor und wird wie Gold durch den Schlämmprozeß aus dem Flußsand gewonnen.

Verwendung. Wegen seiner Zähigkeit und Beständigkeit wird Platin zu Drähten, Blechen und chemischen Geräten (Platin-Tigel, -Spatel, -Schale) verwendet. In Rußland wurde es früher auch als Münz-Metall verarbeitet. — Mit 10% Iridium legiert liefert es das Material zu Normalmeter und Normalkilogramm.

4. Das Quecksilber ist das einzige flüssige Metall. Es findet sich in kleinen Mengen als feine Tröpfchen mit Zinnober im Gestein eingeschlossen in Almaden in Spanien, zu Idria in der Krain und Neu-Almaden in Californien. Das meiste Quecksilber wird durch Erhitzen des Zinnobers gewonnen, wobei der Schwefel verbrennt und das Quecksilber überdestilliert. Gewicht: 13,6 (schwerste Flüssigkeit).

Verwendung. Zu Barometer- und Thermometerfüllung; zum Gewinnen von Gold und Silber und zu Amalgamen: Zinnamalgam zu Spiegelbeleg, Zinkamalgam für die Reibungselektrizitätsmaschine, Goldamalgam zum Feuervergolden.

2. Unedle, dehnbare Metalle.

5. Das Eisen kommt gediegen fast nur in Meteoriten[2]) vor.

Die Meteoriten sind teils Eisen-, teils Steinmassen, die aus dem Weltenraume auf die Erde fallen. Sie bewegen sich auf bestimmten Bahnen ähnlich den Kometen (Biela-Komet und Novemberschwarm) durch das Weltall; wenn sie aber unserer Erde, oder einem andern größeren Gestirn, zu nahe kommen, werden sie so stark angezogen, daß sie darauf niederstürzen. Während des Fallens erhitzen sie sich so stark durch Reibung an der Luft, daß sie zum Glühen kommen und die bei Nacht sichtbaren prächtigen Feuermeteore bilden. Die äußere Rinde kommt sogar zum Schmelzen und einzelne Teile werden von der vorbeistürzenden Luft in einem Sprühregen weggerissen. Plötzlich kommt durch die zusammengepreßte, immer dichter werdende Luftmasse der Meteorit einen Augenblick zum Stillstehen, wodurch ein heftiger donnerartiger Knall entsteht, indem sich die Luft in den luftverdünnten Raum hinter dem Meteoriten stürzt. Hierauf fällt der neue Ankömmling einfach durch sein Gewicht auf die Erde, wobei er sich gewöhnlich mehr als metertief in den Boden einbohrt (Palezieux). Wenn die Meteoriten die Erdatmosphäre nur streifen, so entstehen die nur kurze Zeit aufleuchtenden Sternschnuppen (fallende Sterne).

Das Meteoreisen zeigt meist kristallinischen Aufbau nach den Flächen des Oktaeders. Diesen Flächen parallel finden sich nämlich Lamellen von Phosphornickeleisen ausgebildet, und da dieses durch die Salpetersäure weniger angegriffen wird, so kann man dieselben durch Ätzen hervortreten lassen (Widmannstätten'sche Figuren) (Fig. 98). Bekannt sind die Meteoreisenstücke von Agram in Kroatien, 40 *kg* (1751), das von Elbogen in Böhmen, „der verwünschte Burggraf", 95 *kg*. In Perú hat man einen Klumpen von 1500 *kg*, in Brasilien einen solchen von 8500 *kg* und in Mexico sogar von 1000 Ctr. gefunden. — In der Schweiz wurden

[1]) span. plâta = Silber (Rio de la Plata = Silberstrom), platînja = silberähnlich.
[2]) griech. metéoros = in der Luft schwebend.

erst zwei Meteoriten gefunden und zwar der erste beim Bauernhof Rafrüti bei Langnau im Napfgebiet. Derselbe soll im Jahre 1856 gefallen sein, wurde aber erst 1900 als Meteorit erkannt. Er wiegt ca. 18 Kilo und wird im Berner Museum aufbewahrt. (Fig. 99.) Der zweite wurde 1901 im Fallen von Förstern bei Palezieux bei Lausanne beobachtet (prächtige Meteorerscheinung), er zersprang nahe der Erde in 3 Stücke, von denen man eines etwa 1 *m* tief aus dem Boden herausgraben konnte (etwas größer als eine Faust).

Fig. 98

Tellurisches Eisen findet sich selten. Interessant sind die großen Eisenblöcke und kleinen Eisensplitter, die Nordenskiöld im Basalt von Ovifak in Grönland entdeckte, welche mit dem Basalt aus dem Erdinnern herausgebracht worden sind.

Verwendung. Alles Eisen wird aus den später zu besprechenden Eisenerzen hergestellt. Es ist das wichtigste Metall und dient als Gußeisen zu Sockeln, Gittern, Trägern u. s. w., als Schmiedeeisen zu Draht, Blech, Nägeln, Schrauben, Nieten u. s. w. und bei Häuser- und Brückenbauten, als Stahl zur Herstellung aller harten Teile der Werkzeuge: Messer, Schere, Axt, Säge u. s. w.

6. Das Kupfer kristallisiert ganz ähnlich wie *Au* und *Ag* in Hexaedern und Oktaedern, findet sich aber häufiger

Fig. 99. Meteorit von Rafrüti, $^1/_3$ nat. Gr. Erster bekannter Schweizer Meteorit, genannt ‚Bettflasche‘.

Fig. I. Steinsalz.
Wieliczka.

Fig. IV. Sprudelstein (geschliffen).
Karlsbad.

Fig. II. Flußspat. $^1/_2$ d. nat. Gr.
Cornwall.

Fig. V. Apatit.
Ehrenfriedersdorf.

Fig. III. Calcit. $^2/_3$ d. nat. Gr.
Egremont.

Fig. VI. Amazonenstein.
Colorado, N.-A.

in draht- und blechförmigen Aggregaten. Die ihm eigentümliche Farbe ist meist durch Anlauffarben etwas verdeckt, auch findet man es mit einer grünen Kruste von Malachit überzogen.

Vorkommen. Mit Kupfererzen bei Zwickau in Sachsen, im Banat (Ungarn), bei Falun in Schweden, bei Corocoro (Bolivia), am Obersee in Nordamerika bis hundert Zentner schwere Blöcke bildend. In der Schweiz hat man bei Tiefenkastel (Graubünden) etwas Kupfer mit Kupferkies und Bleiglanz gefunden. Alle diese Vorkommnisse sind mit Ausnahme von Corocoro so unwichtig, daß das meiste Kupfer aus den Erzen gewonnen wird.

Verwendung. Wegen der großen Wärmeleitungsfähigkeit wird das Kupfer zu Kochgeräten und Dampfkesseln verwendet. Als vorzüglicher Elektrizitätsleiter findet es Anwendung beim Telephon und andern elektrischen Anlagen. Den Legierungen Messing, Bronze und Neusilber verleiht es die nötige Zähigkeit. Aus gleichem Grunde wird Gold und Silber damit legiert.

3. Unedle, spröde Metalle.

7. Das Wismut kristallisiert sehr selten in hexagonal, rhomboedrischen Kristallen. Endkantenwinkel des Rhomboeders $= 87^1/_2{}^0$, spaltet leicht nach oR u. — $2R$. Gewöhnlich zeigt es baumartig verzweigte Formen. Es ist rötlich weiß, oft bunt angelaufen.

Vorkommen und Verwendung. Es findet sich mit Co- und Ni-Erzen im Erzgebirge bei Schneeberg und Altenberg und bei Wittichen im Schwarzwald, selten auch im Anniviertal. In größerer Menge in Bolivia und Südaustralien. Es wird zu leichtschmelzbaren Legierungen und in der Medizin bei Darmaffektionen und zu Brandwundverbänden verwendet.

8. Das Antimon kristallisiert isomorph mit Wismut. Endkantenwinkel 87^0. Bruch nach oR u. — $^1/_2 R$. Grünlichweiß, meist etwas matt metallglänzend.

Vorkommen und Verwendung. Man findet gediegenes Antimon bei Allemont, Isère und Přibram in Böhmen zugleich mit Arsen. Das meiste Antimon wird aber aus Antimonglanz gewonnen. Mit Blei legiert liefert es das Schriftgut der Buchdrucker. Ferner ist es im Brechweinstein und im Weißfeuer enthalten.

9. Das Arsen bildet isomorphe Kristalle mit gleicher Spaltbarkeit wie *Bi* und *Sb*. Der Rhomboeder-Kantenwinkel ist 85^0. Meistens kommt es aber derb in kugeligen, schaligen Formen vor (Scherbenkobalt). Es ist grauweiß auf frischem Bruch, wird aber an der Luft bald schwärzlich gefärbt.

Vorkommen. Das Arsen findet sich mit sulfidischen Erzen auf Gängen im Erzgebirge, Freiberg, Schneeberg, bei Wittichen in Baden, Allemont in der Dauphiné.

Verwendung. Gediegenes Arsen wird bei der Schrotgießerei dem Blei zugegeben. Das Oxyd, der weiße Arsenik, ist das bekannte Mäusegift, das auch als Beize in der Färberei verwendet wird.

Allgemeines. Die Metalle kristallisieren alle regulär mit Ausnahme der spröden Metalle *Bi, Sb, As,* welche den Übergang von den Metallen zu den Nichtmetallen bilden. Die spröden Metalle selber sind rhomboedrisch-isomorph, und ihre Formen sind dem Hexaeder sehr ähnlich. Das Wismut, welches den Metallen noch am nächsten steht,

kristallisiert dem Würfel am ähnlichsten, sein Rhomboeder zeigt einen Endkantenwinkel von $87\frac{1}{2}^{\circ}$, Arsen aber hat nur noch 85°.

Die Metalle haben alle einen eigentümlichen Glanz, Metallglanz, und zeigen einen glänzenden Strich. Sie sind gute Leiter der Elektrizität und Wärme und haben chemisch basischen Charakter. Während die edlen Metalle Gold, Platin, Silber und Quecksilber sich in der Natur gediegen finden, kommen von den unedlen Metallen nur wenige rein vor. Deswegen müssen dieselben zum größten Teil aus den Erzen gewonnen werden.

b) Nichtmetalle.

10. Der Schwefel findet sich kristallisiert und derb.[1]) Die Kristalle sind rhombisch und zeigen meist eine spitzere und eine stumpfere Pyramide mit der Basis (Fig. 100). Größere durchsichtige Stücke lassen die Doppelbrechung schön erkennen. Die Farbe ist fast immer gelb, selten bräunlich. Durch Reiben mit Wolle wird der Schwefel elektrisch. Wenn er aus dem Schmelzfluß erstarrt, so kristallisiert er in monoklinen, spießförmigen Pyramiden, er ist also dimorph.

Fig. 100. Schwefeldruse aus Girgenti.

Vorkommen. Der Schwefel findet sich selten in Sedimentgesteinen und ist da durch Reduktion aus dem Gips entstanden: Krattighalde am Thunersee, in den Gipsbrüchen von Bex und Aigle. Meist ist er vulkanischen Ursprungs, so in den Solfataren von Neapel und der Toskana und bei Girgenti auf Sizilien (Taf. II,11.). Offenbar ist er hier durch Reduktion von H_2S entstanden, welches Gas in vulkanischen Quellen häufig vorkommt. — In Girgenti wird der Schwefel durch Ausschmelzen in Schwefelmeilern von den begleitenden Mineralien: Gips, Kalk, Cölestin und Ton getrennt und dann noch durch Destillation gereinigt.

Verwendung. Der Schwefel wird zu Abdrücken, zum Befestigen von Stangen im Stein, zum Schwefeln der Weinfässer, zum Bleichen und bei der Schwefelsäurefabrikation verwendet. Ferner zum Vulkanisieren des Kautschuks. Die Schwefelblumen zum Bestreuen der Reben gegen den echten Mehltau.

[1]) derb heißen Mineralstücke, welche keine bestimmte Form haben.

11. D e r D i a m a n t[1]) kristallisiert tesseral, findet sich aber auch in kugeligen Kristallaggregaten (D i a m a n t b o r t) und in schwarzen koksähnlichen, rundlichen Stückchen (Carbonado). Die häufigsten Kristallformen sind das Oktaeder (ostindische Form) (Fig. 101), das Rhombendodekaeder (brasilianische Form) und das Triakisoktaeder (Kap Form). Häufig sind die Flächen gewölbt. Der Diamant spaltet vorzüglich nach *O*, was beim Schleifen desselben berücksichtigt werden muß. — Der Diamant ist das härteste Mineral und der härteste Körper überhaupt, so daß man mit ihm alle Gegenstände ritzen kann. Er ist meist farblos, aber auch grau, braun, grün und häufig schwärzlich. Er besitzt einen eigentümlichen starken Glanz (Diamantglanz) und eine sehr starke Lichtbrechung; deswegen zeigen geschliffene Stücke ein schönes Farbenspiel.

Fig. 101.
Diamant: Oktaeder, kombiniert mit dem Rhombendodekaeder, oben in nat. Größe (0·355 *g* = 1³/₄ Karat), unten vergr.

Der Diamant ist reiner kristallisierter Kohlenstoff; denn er liefert beim Erhitzen im Sauerstoffstrom nur Kohlensäure, wie Lavoisier vor hundert Jahren zuerst nachwies. In neuerer Zeit hat Moissan

Fig. 102. Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105.
D i e v i e r g r ö ß t e n i n d i s c h e n D i a m a n t e n i n n a t ü r l i c h e r G r ö ß e von oben und von der Seite betrachtet. Fig. 102. Der Regent im französischen Schatze. Fig. 103. Der Koh-i-noor im englischen Schatze. Fig. 104. Der Florentiner im österreichischen Schatze. Fig. 105. Der Orlow im russischen Scepter.

[1]) griech. adámas = unbezwinglich.

in Paris durch Auflösen von Kohlenstoff in geschmolzenem Eisen und nachheriges, schnelles Abkühlen Diamantkriställchen von 0,5 *mm* Größe künstlich hergestellt.

Vorkommen: Die ältesten Fundstellen sind die Seifen in Ostindien (Dekan) und in der Provinz Minas Geraës in Brasilien, hier auch in dem Gelenkquarz (Itakolumit) eingewachsen. Gegenwärtig beutet man den Diamanten in großen Bergwerken im Kapland (seit 1867 bekannt) aus, wo er in einem vulkanischen Schlote in zersetztem Olivingestein eingelagert vorkommt. Von hier stammen die größten Diamanten, z. B. als erster „der Stern des Südens" 83 Karat[1]) (1869), ein anderer 1893 gefundener von 971 Karat = $^1/_5$ *kg*, heißt „Exzelsior" und als größter, ein bläulichweißer Diamant „Cullinan" von 3034 Karat = $^2/_3$ *kg*, gefunden 1895 (Cimberly Mine); dieser wird zu 8 Mill. Fr. geschätzt, und wurde im Jahr 1907 von der Kapkolonie der englischen Krone geschenkt. König Eduard VII. ließ ihn in 3 Stücke spalten und geschliffen in Krone, Szepter und Ring einsetzen.

Die umstehende Zeichnung stellt die (vor der Entdeckung der Kapdiamanten) vier größten geschliffenen Diamanten dar (Fig. 102, 103, 104, 105).

Verwendung. Die durchsichtigen Stücke werden als wertvollste Edelsteine (Brillanten) verwendet. Der Wert hängt von dem Glanze (Feuer) und der Reinheit (Wasser) ab und wächst mit dem Quadrate des Gewichtes. Die beliebtesten Schliffformen sind der Brillantenschliff (Fig. 102 und 103) und der Rosettenschliff oder Rautenschliff (Fig. 104 und 105). Die weniger reinen Diamanten (Diamantbort) werden wegen der großen Härte zum Glasschneiden, zum Lithographieren, zu Steinbohrern (Bohrversuche auf Steinkohle und Kochsalz im Aargau) und als Schleifpulver für die Edelsteine und den Diamanten selbst verwendet.

12. Der Graphit[2]) (Reißblei)[3]) kristallisiert in hexagonal-rhomboedrischen Gestalten. Meist zeigt er nur feine Blättchen, welche nach der Basisfläche spalten. Er ist rein schwarz, färbt leicht ab (Härte 0·5—1), fühlt sich fettig an und leitet die Elektrizität gut. Er besteht aus reinem Kohlenstoff, wie der Diamant. Der Kohlenstoff ist also dimorph. An der Luft erhitzt, bleibt er gänzlich unverändert; aber im Sauerstoffgebläse wird er zu Kohlensäure verbrannt. — Der Graphit wird als letztes Umwandlungsprodukt des Verkohlungsprozesses betrachtet (s. S. 81).

Vorkommen. Man findet den Graphit im Urgebirge, im Gebiet der kristallinischen Schiefer, so bei Iserables u. Salvan im Wallis (nur wenig), zu Wunsiedel im Fichtelgebirge, Passau in Baiern, Pargas in Finnland und sehr rein auf Ceylon. Reiche Gruben sind im sajanischen Gebirge in Südsibirien erschlossen worden, sie liefern den Bleistiftfabriken von Faber & Hardtmuth das Material.

Verwendung. Anfertigung von Bleistiften, (die Härte wird durch Tonbeimengung variiert); zum Schwärzen der Öfen, zu feuerfesten Tiegeln bei der Metallgießerei (Passauertiegel), als Schmiermittel hölzerner Maschinenteile, da er nicht verharzt, und in der Galvanoplastik zum Leitendmachen von Gips- und Guttapercha-Clichés[4]).

Allgemeines. Beide in der Natur frei vorkommenden Nichtmetalle Schwefel und Kohlenstoff sind dimorph. Sie haben ein kleines, spezifisches Gewicht und besitzen keinen Metallglanz (Ausnahme Graphit). Ihre Oxyde sind säurebildend.

---

[1]) 1 Karat = 0,206 gr. und kostet 200—400 Fr. — [2]) griech. grâphein = schreiben. — [3]) Zum Reißen d. h. Zeichnen verwendet. — [4]) franz. clicher = abdrücken, abklatschen.

II. Klasse: Oxyde und Hydroxyde.

a) Oxyde der Schwermetalle.

13. Der Roteisenstein (Hämatit)[1]) findet sich in zwei ganz verschiedenen Ausbildungsformen, als kristallisierter Eisenglanz und als derbes Roteisenerz[2]). Die Kristalle des Eisenglanzes sind hexagonal-rhomboedrisch und zeigen meist R, $^1/_3\ P2$, u. oR. Sie sind eisengrau und haben starken Metallglanz. Wenn sie feinschuppig sind, nennt man das Mineral Eisenglimmer. Der Eisenglanz besitzt die Härte 6, Gewicht 5·2 und zeigt einen roten Strich. Er ist reines Ferrioxyd $Fe_2\ O_3$.

Der derbe Roteisenstein ist meist etwas verunreinigt; er hat denselben roten Strich, ist aber meist viel weicher (oft durch etwas Wassergehalt). Man unterscheidet bei ihm den kugeligen oder traubigen roten Glaskopf[3]) (Cumberland), den erdigen, abfärbenden Rötel, und nach den Beimengungen den Toneisenstein und Kieseleisenstein.

Vorkommen. Schön kristallisiert auf Elba und im Gotthardgebiet: Fibbia, (Taf. III, 4), Val Piora u. Monte Sella, hier besonders die schönen Eisenrosen bildend; im Tavetschtale mit Rutil verwachsen. Ferner bei Amsteg und im Binnental im Oberwallis. Eisenglimmer von Bergün und Ferrera in Graubünden. Als Eisenoolith an der Windgälle und im Genttal, hier ist das Eisen an Ton gebunden und bildet dunkelgrüne Körnchen = Chamoisit, mit einem Gehalt von 61 % Fe. (Erzegg.) Als feines Pigment tritt er auf in dem Rötidolomit, im Buntsandstein, im roten Ackerstein u. s. w.

Verwendung. Der Roteisenstein ist eines der wichtigsten Eisenmineralien, da durch bloße Reduktion mit Kohle aus ihm reines Eisen abgeschieden werden kann. Wo er in größeren Mengen sich findet, wird er deswegen verhüttet, so zu Schönmünzach im Schwarzwald, zu Brilon in Westphalen und an vielen andern Orten. Früher auch in der Schweiz am Gonzen bei Sargans, bei Oberblegi am Glärnisch, an der Windgälle und bei Ferrera (daher der Name) im Aversertal. Der Roteisenstein wird auch kompakt (Polierstift der Goldschmiede) und gepulvert zum Polieren verwendet.

14. Das Magneteisenerz (Magnetit) kommt in schönen Oktaedern kristallisiert vor, die häufig Zwillinge nach O bilden. (Fig. 81 und 106.) Die derben Stücke sind gewöhnlich feinkörnig. Das Mineral ist schwarz und zeigt Metallglanz. Es wirkt auf die Magnetnadel ein, und angewitterte Stücke zeigen pola-

Fig. 106. Magnetitkristalle, eingewachsen in Chloritschiefer, nat. Größe (oben in der Mitte ist ein Kristall herausgefallen).

[1]) griech. haima = Blut (Blutstein). — [2]) Erze sind Mineralien aus denen man die Schwermetalle herstellt. — [3]) Glaskopf = Glatzkopf, weil ganz glatt.

rischen Magnetismus (natürliche Magnete). Härte 6, Gew. 5. Der Magnetit ist Eisenoxydoxydul $Fe_3 O_4 = Fe O + Fe_2 O_3$.

Vorkommen. Schöne Kristalle in Chlorit- und Talkschiefer, so bei Zermatt (Taf. III, 2,) und im Binnental, an der Windgälle kleine Oktaeder im Eisenoolith (früher ausgebeutet). Lager und Stöcke bildend in Dannemora und Arendal in Schweden, im Ural (Magnetberge von Kuschwa und Nischne Tagilsk).

Verwendung. Wichtiges Eisenerz, liefert durch Reduktion mit Kohle reines Eisen (schwed. Eisen berühmt). Führte zur Entdeckung des Magnetismus; gab wegen dieser Kraft zu mannigfachen märchenhaften Erzählungen Anlaß.

15. Der Brauneisenstein (Limonit)[1]) findet sich nie kristallisiert, sondern nur derb, faserig oder pseudomorph. Häufig sind kugelige, traubige Formen = brauner Glaskopf, mit Ton vermengt = brauner Toneisenstein, dahin gehören auch Ocker[2]), Umbra und gebrannte Sienna. Kleine kugelige Konkretionen in gelbem Bolus werden Bohnerz genannt; das Sumpferz ist meist mit Sand und Ton vermengt.

Alle Varietäten haben einen braunen bis gelben Strich, und ihre Zusammensetzung entspricht einem Gemenge von $Fe_2 O_3 + 2 Fe (OH)_3$. Eine Abart, die nur halb so viel $Fe(OH)_3$ enthält, heißt Göthit[3]) und kommt in kleinen Kriställchen mit Brauneisenerz vor. Beide Eisenerze sind wohl immer von sekundärer Bildungsweise, entweder als Absatz aus eisenkarbonathaltigem Wasser oder durch direkte Umwandlung von Eisenspat, Eisenkies und anderen Eisenmineralien entstanden. So erklären sich auch die vielen Pseudomorphosen, am Luckmanier pseudomorph nach Eisenspat, im Jurakalk am Bielersee pseudomorph nach Eisenkies.

Vorkommen. Überall, wo andere Eisenerze zu Tage gehen; sonst oft ganze Stöcke bildend: Claustal im Harz, Schneeberg im Erzgebirge, im Thüringerwald, in Steiermark und Kärnten. In der Schweiz sind die Bohnerzlager von Delsberg, Egerkingen und Balstal hierher gehörend. Brauneisenstein färbt, fein verteilt, viele Gesteine gelb bis rostrot: Gelberde, gelber Lehm (brennt sich rot, weil das Wasser fort geht), gelber Solothurner Marmor, gelber Ostermundinger Sandstein, Brienzerrothorn, Urirotstock.

Verwendung. Der Brauneisenstein bildet mit dem Roteisenerz und dem Magnetit die wichtigste Quelle zur Eisengewinnung. Er ist auch das einzige Erz, aus dem in der Schweiz noch Eisen gewonnen wird, nämlich in Choindez bei Delsberg, wo ein haushoher Hochofen beständig im Betrieb ist. Derselbe liefert jährlich nur etwa 10.000 Tonnen Eisen, dazu muß die Schweiz für ca. 60 Mill. Fr. jährlich einführen. Bis vor kurzem wurde das Bohnerz auch noch in der Klus bei Balstal und bei Undervelier verhüttet. Schon der prähistorische Mensch beutete diese Bohnerze aus.

16. Der Chromeisenstein (Chromit)[4]) $Fe Cr_2 O_4$ kristallisiert wie der Magneteisenstein in Oktaedern, die meist in Serpentin eingewachsen sind. Er ist bräunlichschwarz. Er findet sich in Schlesien und Steiermark, sowie in Sibirien. Aus ihm werden die Farben Chromgelb, Chromrot und Chromgrün hergestellt, deswegen auch der Name.

---

[1]) griech. léimon = Sumpf (Sumpferz). — [2]) griech. ochrós = gelblich. — [3]) soll nach Goethe benannt sein. — [4]) griech. chróma = Farbe.

17. Der Braunstein ist selten kristallisiert, meist findet er sich derb, feinfaserig oder erdig und ist dann vielfach verunreinigt durch Ton, Sand und Brauneisenstein. Seine Farbe ist dunkelbraun bis schwarz, die Härte beträgt nur 2—2·5. — Rein besteht er aus $Mn\,O_2$.

Vorkommen. Man findet den Braunstein in größeren Mengen derb im Kaukasus und Japan früher auch bei Ilfeld am Harz, meist zusammen mit dem ähnlich zusammengesetzten viel härteren (5·5) schwarzen Psilomelan[1]) (schwarzer Glaskopf) Romanège bei Mâcon, und dem stets in kleinen Kristallen auftretenden Hausmannit, Pajsberg in Schweden. Mit Roteisenerz im Jurakalk am Gonzen bei Sargans eingelagert und bei Lohn (Kt. Schaffhausen). Die schönen schwarzen Dendriten im Kalkstein von Baden und Solenhofen sind Braunstein, während die braunen von Eisenhydroxyd-Infiltration herrühren. Man verwendet den Braunstein zur Darstellung von Chlor und Sauerstoff und zum Klären des Glasflusses.

18. Der Zinnstein (Kassiterit)[2]) kristallisiert tetragonal in Prismen, die durch die Pyramide geschlossen sind; häufig finden sich Zwillinge, sogenannte Visiergraupen nach $P\infty$ (Fig. 107, 108). Das Erz, für sich farblos, ist gewöhnlich durch Eisen oder andere Beimengungen bräunlich bis schwarz gefärbt. Seine Zusammensetzung ist $Sn\,O_2$.

Vorkommen und Verwendung. Der Zinnstein kam in großen Lagern im Erzgebirge (Zinnwald und Schlackenwald, jetzt fast ganz ausgebeutet), in Cornwall, hier auch in Seifen, vor. Die meisten Gruben finden sich auf der Insel Banka (holländische Sundainsel) = Bankazinn und Tasmanien. Der Zinnstein ist das einzige Mineral, aus dem Zinn gewonnen wird; deswegen wird an allen obigen Fundorten der Zinnstein verhüttet.

Fig. 107. Kristallform vom Zinnerz.

Fig. 108. Zwillingskristall vom Zinnerz.

19. Der Rutil[3]) $Ti\,O_2$, ist ein Mineral, das dem Zinnstein kristallographisch sehr nahe steht und mit ihm isomorph ist. Die Zwillingsbildung nach $P\infty$ wiederholt sich bei ihm häufig, so daß Sechslinge und Achtlinge entstehen. Oft ist der Rutil in feinen Nadeln ausgebildet, die etwa im Quarz eingewachsen vorkommen. Der Rutil hat eine rote Eigenfarbe und einen starken, metallartigen Diamantglanz. Er ist ein typisches Mineral der kristallinischen Zone unserer Alpen, so findet er sich im Binnental, am Gotthard (Sella) (Taf. III, 3.), im Tavetsch usw. Oft findet sich $Ti\,O_2$ auch als Anatas in kleinen gelben Kriställchen.

20. Das Rotkupfererz (Cuprit) kommt in regelmäßigen Oktaedern und Rhombendodekaedern vor. Farbe und Strich sind rot. Es ist Kupferoxydul $Cu_2\,O$ und liefert deswegen durch Reduktion leicht reines Kupfer. Meistens ist es zum Teil oder ganz in Malachit umgewandelt.

---

[1]) griech. psilós = kahl, glatt; mélas = schwarz. — [2]) griech. kassíteros = Zinn. — [3]) lat. rutilos = rötlich.

Fundorte. Im Banate, in Cornwall, Chessy bei Lyon und Nischne Tagilsk am Ural, ferner Arizona und Chile (hier reichlich). Fast immer findet man in seiner Gesellschaft andere Kupfererze und reines Kupfer.

b) Oxyde der leichten Metalle.

21. Der Korund[1]) $Al_2\ O_3$ kristallisiert hexagonal in Pyramiden, die durch Rhomboeder und Basisfläche geschlossen sind (Fig. 109). Häufiger ist er derb im Gestein eingesprengt. Die durchsichtigen klaren Kristalle nennt man edlen Korund; derselbe ist oft blau gefärbt (Saphir)[2]), oder rot (Rubin)[3]). Der Korund ist nächst dem Diamant das härteste Mineral $H = 9$). Derber, unreiner Korund heißt auch Demantspat, er bildet, mit eisenschüssigem Ton verunreinigt, den Smirgel[4]).

Fig. 109.

Vorkommen und Verwendung. Der edle Korund findet sich in den Edelsteinseifen auf Ceylon, Siam, Birma und Brasilien; die gefärbten Varietäten gehören zu den kostbarsten Edelsteinen. Ganz reine Rubine kosten mehr als Diamanten von gleicher Größe. Kleinere, unreine werden als „Rubis" in den Uhren zu Zapfenlagern verwendet. In der Schweiz findet sich Korund am Campo longo bei Dazio grande in rötlichen Kristallen und Körnern (Taf. IV, 3).

Der Smirgel kommt auf der Insel Naxos und im Erzgebirge bei Schwarzenberg vor. Er ist als Schleif- und Poliermaterial in den Metallwerkstätten sehr geschätzt (Smirgeltuch, Smirgelpulver, Smirgelscheibe). Ebenso werden die Edelsteine und Halbedelsteine mit Smirgelpulver geschliffen. Bei der Gesteinsuntersuchung werden die Gesteinsschliffe damit hergestellt.

Mit Wasser verbunden bildet Aluminiumoxyd den Bauxit $Al_2\ O_3 + 2\ H_2\ O$, wertvoll als Al-Lieferant, Baux in Südfrankreich. Meist verunreinigt durch Kiesel und Eisenhydroxyd.

22. Der Spinell kristallisiert in Oktaedern, die häufig Zwillinge nach O (Spinellzwillinge) bilden (Fig. 81). Er ist meist rötlich gefärbt und von großer Härte $H = 8$. Deswegen wird er als Ersatz für echten Rubin verwendet = Balas-Rubin (in Uhrwerken). Er besteht aus $MgO . Al_2 O_3$, ist also ein zweifaches Oxyd. Er findet sich als Kontaktmineral in den Kalkbomben des Vesuvs.

c) Oxyde der Nichtmetalle.

23. Der Quarz ist wohl das häufigste und bekannteste Mineral, das man kristallisiert findet und wird deswegen auch kurzweg vom Volke als „Kristall" bezeichnet (Fig. 110). Die hexagonalen Formen, die der Quarz gewöhnlich aufweist, sind das Prisma ∞P und die Pyramide P, die aber aus $+R$ und $-R$ zusammengesetzt ist (Fig. 111). Ziemlich häufig treten auch, namentlich an den Kristallen vom St. Gotthard, drei vereinzelte schiefe Pyramidenflächen auf, welche eine andere Orientierung haben, als die normalen P-Flächen. Man bezeichnet sie als Tetartoederflächen[5]) s und r Fig. 112, da sie von der dihexagonalen Pyramide durch

[1]) corúnd = indische Bezeichnung. — [2]) arab. sáfir = blau. — [3]) lat. rubínus = rot. — [4]) ital. Wort = smeríglio. — [5]) griech. tétartos = ein Viertel.

Wachsen der abwechselnd vierten Fläche abgeleitet werden. Die Kristalle sind von verschiedenster Größe. Sie können die Länge eines Meters erreichen, wie solche im Museum in Bern und in Genf aus der Kristallhöhle (Keller) am Tiefengletscher beim Galenstock aufgestellt sind. Merkwürdige Bildungen sind die sogenannten gedrehten Quarze, welche aus einer großen Zahl nicht ganz genau auf einander passender Zwillings-Verwachsungen bestehen; ferner die vielen Mineral-Einschlüsse von

Fig. 110. Gruppe von Bergkristallen.

Fig. 111. Sechsseitiges Prisma mit sechsseitiger Pyramide.

Fig. 112. Tetartoederflächen *s* u. · am Quarz.

Rutil, Asbest, Hornblende, Chlorit, Turmalin u. s. w.

Der Quarz hat die Härte 7 und gibt deswegen am Stahl Funken (Feuerstein). Er liefert die Hauptmasse der Halbedelsteine (die echten Edelsteine besitzen alle größere Härte). Das Gewicht beträgt 2·6—2·7. Er besteht aus reiner, wasserfreier Kieselsäure $Si\,O_2$ und wird daher von den Verwitterungsagentien sehr wenig angegriffen.

A. Kristallisierter Quarz. Der schön kristallisierte Quarz, Bergkristall, ist für die Schweiz das bekannteste Mineral. Er findet sich im ganzen Gotthardmassiv häufig, so z. B. an der Sella und Fibbia, im Tremola-, Bedretto- und Urserental. Ebenso in den Berneralpen: bei Guttannen, im Gadmental, am Zinkenstock (Kristallhöhlen) und an der Grimsel. Die größte Kristallhöhle wurde am Sandbalmstock bei Göschenen entdeckt. In den Bündneralpen: im Tavetsch, am Luckmanier. Im Wallis: im Binnental, am Griesgletscher, bei Zermatt u. s. w. Sonst findet sich der kristallisierte Quarz noch häufig auf Erzgängen und in Drusen vulkanischer Gesteine (Fig. 113).

Der Quarz ist meist farblos; gefärbte Kristalle heißen, wenn bräunlich Rauchtopas, schwarz Morion, tiefrot Eisenkiesel, violett Amethyst[1]), (Taf. II, 9). Die ersten zwei sind durch organische Substanzen gefärbt und entfärben sich deswegen beim Erwärmen; der Amethyst aber wird gelblich (Citrin[2]), oft nennt man auch mit gelbem Eisenhydrat überzogene Kristalle Citrin.

Fig. 113. Amethystdruse.

B. Kristallinischer Quarz, ohne äußere Kristallform aber mit glasigem Bruch. Dahin gehört der gemeine Quarz, der in kleineren oder größeren Körnern einen wesentlichen Bestandteil vieler altkristallinischer Gesteine, wie Granit, Porphyr, Gneis, Glimmerschiefer, bildet. Durch den Transport in den Flüssen zu Sand zerrieben, liefert er das Hauptmaterial zur Bildung der Sandsteine. Die gefärbten Varietäten des kristallinischen Quarzes haben auch besondere Namen erhalten: *a)* schwachrot = Rosenquarz; *b)* milchweiß = Milchquarz; *c)* durch eingewachsene Strahlsteinnädelchen lauchgrün = Prasem[3]); *d)* durch Asbestfasern grünlich schillernd = Katzenauge; *e)* das Tigerauge ist ein durch Eisenhydroxyd bräunlich gefärbter Quarz, pseudomorph nach faseriger Hornblende; *f)* der Avanturin[4]) ist ein durch eingelagerte Glimmerplättchen und Rißchen goldschimmernder Quarz. Er wird jetzt häufig künstlich durch Glas mit reduzierten Kupferschüppchen nachgeahmt.

C. Die dichten Quarze mit mattem Bruch zeigen ebenfalls eine große Zahl Varietäten, die nach Ausbildungsart und Aussehen verschieden sind.

a) Chalcedon[5]), durchscheinend mit schaligem Bruch. Er ist aus Wasser abgesetzter Quarz und bildet deswegen oft stalaktitische Formen oder traubige Überzüge. Er ist vorwiegend grau bis bläulich gefärbt; der durch Eisenoxyd rot gefärbte heißt Karneol[6]), der durch

[1]) griech. améthystos = nicht trunken, der Stein diente als Amulett gegen Trunkenheit. — [2]) lat. citrínus = citronengelb. — [3]) griech. prásios = lauchfarben. — [4]) franz. aventure = Zufall, weil ein dem Mineral ähnliches Glas durch Zufall entdeckt wurde. — [5]) Chalcedon = Stadt in Kleinasien, Fundort. — [6]) lat. cáro, cárnis = Fleisch, fleischfarben.

Nickeloxyd grünlich gefärbte **Chrysopras**[1]), der dunkelgrüne mit roten Punkten **Heliotrop**[2]), der aus weißen und schwarzen Lagen bestehende **Onyx**[3]). Ähnliche Varietäten sind der meist rote **Jaspis**, der sich in unserer bunten Nagelfluh nicht selten findet und der als Holzversteinerungsmaterial auftretende **Hornstein**.

b) **Der Feuerstein** ist eine im Kalkstein gebildete Konkretion von Quarz, die durch Eisen und organische Substanz gelb bis schwarz gefärbt ist. Er findet sich in den oberen Schichten des Schweizerjura und im Schrattenkalk der Alpen (Rautispitz) gelbbraun, ferner häufig in den Kreideablagerungen der Insel Rügen und der Ostseeküste (schwarz); von da wurde er durch die Gletscher über die ganze norddeutsche Tiefebene verbreitet. In großen Mengen beutet man ihn in Kent (England) zur Herstellung von Steingutgeschirr aus.

Die Steinzeitmenschen stellten durch Zerschlagen der Feuersteinknollen ihre Werkzeuge her, und bis zu Anfang des letzten Jahrhunderts wurde er ganz allgemein zum Feuermachen verwendet (Steinschloßgewehr = Flinte)[4]).

c) **Achate** sind die Quarzabscheidungen genannt worden, die sich in Drusen (Sekretion) vulkanischer Gesteine bilden und aus abwechselnd

Fig. 115. Moosachat mit moosartigen oder dendritischen Zeichnungen.

Fig. 114. Achatkugel (geschliffen).

gefärbten Lagen verschiedener Quarzvarietäten bestehen. Man unterscheidet: Bandachat, Trümmerachat, Moosachat (Fig. 114, 115), Festungsachat (Taf. II, 10). Die Achate kommen meist aus Mexiko zu uns, werden aber auch im Harz u. Thüringerwalde gefunden u. vielfach zu Schmucksachen verarbeitet.

d) **Der Kieselschiefer** ist ein durch verschiedene Beimengungen gefärbtes Quarzsediment. Eine rein schwarze Varietät ist der Probierstein der Goldschmiede (lydischer Stein).

[1]) griech. chrysós = golden; prásios = lauchfarben. — [2]) griech. hélios = Sonne; tropé = Wende. — [3]) griech. ónyx = Fingernagel, wegen der zwei Lagen. — — [4]) Flint = Feuerstein.

Verwendung. Der Quarz liefert mit seinen vielen verschiedenen Varietäten die Hauptmasse der sogenannten Halbedelsteine und wird vielfach zu Schmuckgegenständen geschliffen: Kameen[1]) (erhaben), Gemmen[2]) (vertieft) u. s. w. Aus Achat macht man Mörser und Mühlen zum Pulverisieren harter Mineralien. — Technisch werden alle Arten von Quarz benutzt zur Glasfabrikation und zur Herstellung von Porzellan und Steinzeug.

24. Der Opal kristallisiert nicht, sondern ist immer dicht und hat muscheligen Bruch, wie der dichte Quarz. Er ist wasserhaltige Kieselsäure $Si\,O_2 + 3$ bis $13\%\ H_2\,O$. Dementsprechend ist die Härte geringer als 7 und schwankt zwischen 5·5—6·5. Er ist aus Wasser abgeschieden worden und hat hiebei etwas davon zurückbehalten.

a) Der Edelopal ist halb durchsichtig bis milchig mit prachtvollem Farbenspiel (Irisieren, Opalisieren), infolge von Interferenzwirkungen auf kleinen Rißchen (rötlich = Feueropal). Er findet sich auf Klüften neuvulkanischer Tuffe bei Cerwenitza in Ungarn, in Mexiko und Australien. Er ist ein kostbarer Edelstein.

b) Der Hyalit (Glasopal) bildet traubige wasserhelle Kügelchen auf Klüften des Basalts: Kaiserstuhl, Waltsch in Böhmen.

c) Der gemeine Opal ist halbdurchsichtig und ohne Farbenspiel. Er wird häufig durch Zersetzung von Silikatgesteinen gebildet; weiß heißt er Milchopal, mit Holzstruktur Holzopal.

d) Der Kieselsinter ist eine Abscheidung aus heißen Quellen (Geysir): Neuseeland, Island. Er bildet oft ganze Terrassen.

e) Die Kieselguhr, Tripel, und Polierschiefer sind aus Opal bestehende Panzergehäuse von Protozoen und Diatomeen, Lüneburger Heide, Boden von Berlin, Bilin in Böhmen, Tripolis (Nordafrika). Die Kieselguhr wird bei der Dynamitherstellung und Wasserglasgewinnung verwendet.

25. Die Borsäure (Sassolin) findet sich in dünnen triklinen Schüppchen, die fettig anzufühlen sind und die Formel $H_3\,BO_3$ haben. Die Borsäure setzt sich als Sublimat einiger vulkanischer Exhalationen ab, so bei Sasso in der Toskana und auf der Insel Volcano. — Borsäure wird als antiseptisches Mittel verwendet (Borwasser, Borwatte, Borvaselin), und in neuerer Zeit wird daraus der meiste Borax hergestellt.

Allgemeines. Die Oxyde sind Verbindungen der Elemente mit dem Sauerstoff. Die Metalloxyde haben meist ein hohes spezifisches Gewicht und sind für die Metallgewinnung wichtige Mineralien (oxydische Erze), da aus ihnen durch bloße Reduktion mit Kohle die Metalle abgeschieden werden können.

---

[1]) lat. camáeus = erhaben geschliffener Stein. — [2]) lat. gémma = Knospe, Edelstein.

III. Klasse: Sulfide.

Man teilt die in der Natur vorkommenden Sulfide in nachstehende 3 Gruppen ein:

a) Kiese: Metallglanz, gelbliche Farbentöne.

b) Glanze: Metallglanz, grauliche Farbentöne.

c) Blenden: Nicht Metallglanz, verschieden gefärbt.

a) Kiese.

26. Der Eisenkies[1]) (Pyrit[2]) oder Schwefelkies)[3]) ist eines der bekanntesten Mineralien. Er kristallisiert in Würfeln und häufig in Pentagondodekaedern (Fig. 116, 117), weswegen man diese Form auch Pyritoeder genannt hat. Die Durchdringungszwillinge des + und — Pyritoeders heißen Zwillinge des eisernen Kreuzes.[4]) Er hat eine speisgelbe[5]) bis goldgelbe Farbe (daher vulgär Katzengold), aber einen schwärzlichen

Fig. 116. Würfelförmige Eisenkieskristalle in natürlicher Größe.

Fig. 117. Kristallform des Eisenkieses. *c* Würfelfläche, *r* Pentagondodekaederfläche.

Strich. Er hat die Härte 6—6½, und gibt am Stahl Feuer, darum der Name Pyrit. Spezifisches Gewicht = 5. Der Eisenkies ist $Fe\,S_2$, also Eisendisulfid; an der Luft verwittert er nach und nach zu Eisenhydroxyd und bildet so Pseudomorphosen. An feuchter Luft entsteht bei Verwitterung Eisenvitriol (vitriolisieren).

Vorkommen und Verwendung. Das Vorkommen des Eisenkieses ist ein sehr vielseitiges. In Erzgängen ist er ein häufiger Begleiter der meisten Erze (Ta. II, 4). In Sedimenten ist er entstanden durch Umsetzungen der organischen Überreste, so wird Kalkstein oft ganz von ihm durchsetzt und deswegen grünlich grau gefärbt (viele Jurakalke), ebenso findet er sich in Steinkohlenlagern als nicht gern gesehener Gemengteil; auch als Versteinerungsmaterial im Oxford des Berner Jura tritt er auf (verkieste Ammoniten). Schöne Kristalle finden sich auf Klüften im Gneis am Sella (Gotthard) und an der Fibbia, im Dolomit eingewachsen am Saasgrat, im Binnental, am Campo longo und auf Elba. Der Pyrit ist zur Schwefelgewinnung,

---

[1]) von Kieselstein, wegen der Härte. — [2]) griech. pyrités = Feuerstein. — [3]) schlechte Bezeichnung. — [4]) preußischer Orden von 1813. — [5]) Farbe der Glockenspeise.

zur Darstellung der Schwefelsäure und des Eisenvitriols sowie zu Polierrot verwendet worden; das aus ihm hergestellte Eisen ist schlecht, da es rotbrüchig ist. Der goldhaltige Pyrit am Südabhang des Monte Rosa-Massives wird auf Gold verarbeitet (Gondoschlucht, Ansascatal).

$Fe S_2$ kommt noch in rhombischen spießförmigen Gestalten vor und ist deswegen dimorph; es heißt dann Speerkies oder Markasit[1]), Strahlkies (wegen dem Aussehen der Aggregate). Dasselbe ist speisgelb mit einem Stich ins Grünliche; es verwittert viel leichter als Eisenkies und liefert dann eisenvitriolhaltigen Grus. Pyrit und Markasit sind, wenn nicht kristallisiert, schwer von einander zu unterscheiden. — Eine andere Schwefeleisenverbindung mit größerem *Fe*-Gehalt ist der meist tombackbraun angelaufene Magnetkies ($Fe_{11} S_{12}$), welcher mit dem Magnetit einzig unter den Mineralien auf den Magneten einwirkt, durch einen Gehalt an Nickel (bis 3%) wird er sehr wertvoll.

27. Der Kupferkies ist ein dem Eisenkies sehr ähnlich sehendes Mineral; er findet sich ziemlich selten kristallisiert in tetragonalen Sphenoiden und Disphenoiden. Zum Unterscheiden von Eisenkies dient die Härte, welche nur 3·5—4 beträgt; zudem ist das messinggelbe Mineral meist bunt angelaufen und der Strich ist grünlich-schwarz. Der Kupferkies $Cu Fe S_2$ ist wegen seinem großen Kupfergehalt und seinem häufigen Vorkommen das wichtigste Kupfererz.

Er wird in Freiberg in Sachsen, Schlackenwald in Böhmen, Mansfeld und Falun in Schweden und in großer Menge in Tamaya (Chile) verhüttet. In der Schweiz hat man auf der Mürtschenalp, bei Schleins im Engadin und bei Filisur Kupferkies gefunden; aber leider nirgends in abbauwürdigen Mengen.

Ein ähnliches Mineral, wegen seiner Anlauffarben Buntkupferkies ($Cu_3 Fe S_3$) genannt, ist ein häufiger Begleiter des Kupferkieses und wird wie dieser verwendet. Eine Zeitlang wurde auf der Mürtschenalp daraus Kupfer dargestellt.

28. Der Rotnickelkies (Kupfernickel) kristallisiert selten, sondern findet sich meist derb im Gestein eingesprengt. Er hat hellkupferrote Farbe und bräunlich-schwarzen Strich, enthält aber kein Kupfer, sondern nur $Ni As$. Er ist das wichtigste Erz für die Gewinnung des in neuerer Zeit so viel verwendeten Nickelmetalls und wird deshalb viel verhüttet, so im Erzgebirge und in den ergiebigen Gruben von Rioja (Argentinien). Auch bei Ayer im Einfischtal im Wallis wurde dieses Erz ausgebeutet, zusammen mit Weißnickelkies $Ni As_2$ und grüner Nickelblüte.

29. Der Speiskobalt (Smaltit) findet sich meist derb. Er ist zinnweiß bis licht stahlgrau, oft angelaufen oder mit einem Anflug von rötlicher Kobaltblüte bedeckt. Er besteht aus $Co As_2$ und kommt auf den sogenannten Kobaltgängen von Schneeberg in Sachsen und in kleinen Mengen im Einfischtal vor. Der Speiskobalt bildet mit dem Glanzkobalt $Co As S$, der in Pentagondodekaedern wie Pyrit kristallisiert, die hauptsächlichste Quelle zur Darstellung des Smalteblaus und des Kobaltgrüns. Der Glanzkobalt findet sich in großen Massen in Daschkessan (Kaukasus).

---

[1]) arab. markaschitsa = Kieselstein, wegen der großen Härte 6½.

30. Der Arsenkies (Mißpickel[1]) $FeAsS$ kristallisiert rhombisch, meistens in Prismen mit Längsdoma (Fig. 118) und ist silberweiß, oft grau angelaufen. Er findet sich viel mit den andern Kiesen vergesellschaftet, so im Erzgebirge, bei Přibram und im Einfischtal und wird zur Arsenoxydgewinnung und anderen Arsenpräparaten verwendet. — In der Schweiz findet sich Mißpickel spärlich, bei Zermatt und im Binnental, goldhaltig bei Luisin im Wallis.

Fig. 118. Mißpickel. $\overset{M}{\infty P} . \overset{r}{{}^1/_4 P \breve{\infty}}$.

b) Glanze.

31. Der Bleiglanz PbS kommt häufig kristallisiert in Würfeln, Oktaedern und Pyramidenoktaedern oder Kombinationen dieser Formen vor (Fig. 119, Taf. II, 13). Die derben Stücke sind oft körnig oder gestreift (Bleischweif); doch zeigen sie wie die Kristalle eine vorzügliche Spaltbarkeit nach dem Hexaeder, so daß man schöne Würfelchen herausspalten kann. Das bleigraue Mineral ist metallglänzend, besonders auf den Spaltflächen, wird aber mit der Zeit matt. $H = 2{\cdot}5$, Gew. 7·5. — Neben Pb und S enthält Bleiglanz fast stets etwas Ag; wenn dieser Silbergehalt nur 0·05% beträgt, so wird das Erz auch auf Silber verarbeitet; in dieser Weise wird der größte Teil des Silbers gewonnen. Sonst dient der Bleiglanz zum Glasieren der gewöhnlichen Töpferwaren (Bleiglasur), als Streusand und vor allem zur Gewinnung des so viel verwendeten Bleies.

Fig. 119. Bleiglanzdruse.

Vorkommen. Der Bleiglanz ist eines der häufigsten Erze; man findet ihn bei Freiberg in Sachsen, Klausthal am Harz, zu Přibram, Schemnitz in Ungarn, Bleiberg in Kärnten, in der Rheinprovinz und an vielen anderen Orten. In der Schweiz findet sich Bleiglanz an mehreren Stellen und wurde früher hier auch ausgebeutet, so bei den verlassenen Bleigruben im Lötschtal im Wallis, bei Andeer und Davos in Graubünden am Silberberg (silberhaltig) und am Rothorn oberhalb Parpan.

32. Der Antimonglanz Sb_2S_3 (Grauspießglanz) bildet rhombische, säulenförmige und nadelförmige (Nadelerz) Kristalle, die durch die Pyramide abgeschlossen sind (Fig. 120, 121). Eine ausgesprochene Spaltbarkeit nach der Längsfläche läßt die Kristalle sehr spröde erscheinen. Bleigrau, oft bunt angelaufen.

---

[1]) Mißpickel = ein Schimpfname der Bergleute, weil er giftig ist.

Vorkommen und Verwendung. Der Antimonglanz findet sich vielfach zugleich mit Bleiglanz, so bei Freiberg, Přibram, bei Schemnitz, in Japan (schöne Kristalle); auf dem Berge Giom bei Sedrun Kt. Graubünden in Quarz eingewachsen, ebenso im Schamsertal. — Aus Antimonglanz gewinnt man fast einzig das Antimon, welches mit *Pb* und *Sn* legiert das wertvolle Letternmetall liefert.

33. Der Silberglanz $Ag_2 S$ (Glaserz, Argentit) kommt selten kristallisiert in verzerrten Hexaedern vor. Er ist grauschwarz, ziemlich weich, $H = 2$, geschmeidig und läßt sich mit dem Messer schneiden. Wegen dem großen Silbergehalt ist er ein äußerst wertvolles Erz und wird an allen Fundstellen auf Silber verarbeitet, so in Freiberg, Schneeberg in Sachsen, Schemnitz und Kremnitz in Ungarn, Kongsberg in

Fig. 120. Kristallform des Grauspieß-glanzerzes.

Fig. 121. Druse von Grauspießglanzerz.

Schweden und in Mexiko in zentnerschweren Massen. Bei Zillis (Graubünden) hat man auch ein wenig Silberglanz gefunden.

Der Kupferglanz $Cu_2 S$ bildet bleigraue, rhombische Kriställchen oder derbe Massen, die oft bläulich angelaufen sind. Bei Mansfeld und Saalfeld in Thüringen, ebenso in Siebenbürgen und in Cornwall wird er auf Kupfer verarbeitet, große Mengen hat man in Chile und Arizona entdeckt.

Es mag noch der seltene stahlgraue Argyrodit $Ag_6 S_5 Ge$ von Freiberg erwähnt werden, da er zur Entdeckung des von Mendelejeff vorausgesagten Germaniums *(Ge)* führte.

34. Das Fahlerz[1]) (Tetraedrit) kristallisiert trotz seiner komplizierten, wechselnden chemischen Zusammensetzung in schönen Tetraedern (Fig. 122, 123) und Pyramidentetraedern $\frac{O}{2}$ und $\frac{2O2}{2}$. Oft ist

[1]) fahl = grau, verblaßt.

Fig. X. Festungsachat (geschliffen). $^1/_2$ d. nat. Größe.
Brasilien.

Fig. XI. Schwefel.
$^2/_3$ d. nat. Größe.
Canciani.

Fig. VII. Granat. $^1/_2$ d. nat. Größe.
Gurgl in Tirol.

Fig. VIII. Topas.
Brasilien.

Fig. XIII. Bleiglanz. $^2/_3$ d. nat. Gr.
Missouri, N.-A.

Fig. IX. Amethyst. $^1/_2$ d. nat. Größe.
Schemnitz.

Fig. XII. Malachit (geschliffen).
Jekaterinenburg.

das stahlgraue Erz bunt angelaufen und zeigt beginnende Perimorphose von neugebildetem Kupferkies. — Nach dem chemischen Gehalte unterscheidet man Antimonfahlerze wesentlich $(Cu, Fe, Ag)\ S, Sb$ enthaltend und Arsenfahlerze wesentlich $(Cu, Fe, Zn)\ S, As$ enthaltend. Es treten aber auch noch andere Metalle auf, wie z. B. Hg.

Fig. 122. Fig. 123.
Kristallform des Fahlerzes.

Vorkommen und Verwendung. Man findet die Fahlerze in Erzgängen, so zu Freiberg in Sachsen, Přibram in Böhmen, in Chile und Bolivia (bis 15% Ag-haltig) u. s. w. Überall werden sie als sehr wertvolle Materialien auf Kupfer und Silber verhüttet, so früher auch am Knappenkopf bei Vättis und bei Ferrera im Avers.

c) Blenden.

35. Die Zinkblende (kurzweg = Blende) $Zn\ S$ kristallisiert im tesseralen System und zeigt oft O und ∞O, meist vielfach verzwillingt. Sie ist ausgesprochen spaltbar parallel den Flächen des Rhombendodekaeders, also in sechs Richtungen. Die Zinkblende ist selten weiß, meist ist sie durch Fe oder andere Beimengungen gefärbt, gelb, braun oder schwarz (Schwarzblende). Die Kristalle und die Spaltflächen haben Diamantglanz, deswegen der Name Blende.

Die Zinkblende ist das wichtigste Erz zur Herstellung des Zinks. Sie findet sich im Erzgebirge bei Freiberg, Schwarzenberg in Sachsen, Rheinprovinz, Schlesien und in Přibram in Böhmen. In der Schweiz in schönen Kristallen im Dolomit des Binnentals im Wallis (Taf. III, 5).

36. Der Zinnober $Hg\ S$ findet sich selten in kleinen rhomboedrischen Kriställchen; meist ist er derb im Gestein eingesprengt oder mit Bitumen[1]) vermengt = Quecksilberlebererz. Er hat cochenillerote Farbe und ebensolchen Strich. Er wird als einziges Quecksilbererz für die Gewinnung dieses Metalls verwendet, indem man durch Erhitzen das Hg abscheidet.

Verwendung. Man färbt mit dem Zinnober Siegellack und Rotstifte; die gute Zinnoberfarbe aber wird künstlich aus Hg und S hergestellt, weil das Mineral in der Natur immer vielfach verunreinigt ist. Man findet den Zinnober bei Idria in der Krain, bei Almaden in Spanien und Neualmaden in Kalifornien.

37. Der Realgar[2]) $As\ S$ bildet kleine gelbrote, monokline Kristalle; öfter jedoch ist er derb. Er findet sich oft mit dem gelben Auripigment[3]) $As_2\ S_3$, zusammen mit anderen sulfidischen Erzen, bei Andreasberg im Harz, Schneeberg im Erzgebirge, Felsöbanya in Ungarn und Allchar (Macedonien). In der Schweiz finden sich die beiden schön gefärbten Mineralien in dem rein weißen Dolomit von Binn eingesprengt (Taf. III, 6). mit Quarz am Scopi und im Casaccia-Tal.

[1]) lat. bitûmen = Erdpech, Bergteer. — [2]) arab. reialgar. — [3]) lat. aûrum = Gold, pigméntum = Farbe.

Beide Verbindungen werden auch künstlich dargestellt und sowohl als Farbe, als auch bei der Feuerwerkerei verwendet. Die natürlich vorkommenden Arsensulfide liefern durch Oxydation Mäusegift und durch Reduktion reines Arsen.

38. Das Rotgiltigerz[1] (Silberblende) kommt in rhomboedrischen Kristallen und derb vor und hat dunkelrote bis schwarze Farbe; aber stets tiefroten Strich. Je nach dem Gehalt an As oder Sb unterscheidet man $Ag_3\ Sb\ S_3$ dunkles (Antimonsilberblende) und $Ag_3\ As\ S_3$ lichtes (Arsensilberblende) Rotgiltigerz.

Diese sehr wertvollen Mineralien sind in Erzgängen ziemlich verbreitet und liefern viel Silber. Man beutet sie aus in Freiberg, Andreasberg, Přibram, Schemnitz und Kremnitz in Ungarn, Cornwall und Mexiko.

Allgemeines. Die Kiese, Glanze und Blenden sind Verbindungen des Schwefels und Arsens mit den Metallen. Sie haben ein ziemlich hohes Gewicht und sind mit Ausnahme der Blenden metallglänzend. Aus ihnen werden die meisten schweren Metalle gewonnen (sulfidische Erze) und zwar durch den Röst- und den Reduktionsprozeß.

IV. Klasse: Salze.

a) Haloidsalze.

39. Das Steinsalz (Kochsalz) $Na\ Cl$ kristallisiert in Würfeln und spaltet ebenfalls leicht nach dem Würfel ($\infty O \infty$) (Taf. I 1). Das Salz ist farblos und schön durchsichtig, aber durch Verunreinigungen oft gelb, rot, braun, selbst blau gefärbt. Das Kochsalz hat die Härte 2, und sein spezifisches Gewicht beträgt 2·2. Es findet sich auch derb in anderen Mineralien wie Ton, Gips, Kalk eingewachsen.

Das Vorkommen ist ein sehr vielseitiges. Fast in allen Zeitaltern der Erdgeschichte wurden Kochsalzschichten gebildet. Es finden sich größere Lager in Staßfurt und Sperenberg bei Berlin, im Salzkammergut, in Berchtesgaden, bei Salzburg, in Reichenhall und in Wieliczka. Bei Cardona in Catalonien befindet sich ein kahler Berg von 150 *m* Höhe und einer Stunde Umfang, der aus reinem Kochsalz besteht.

In der Schweiz ist das oberhalb Bex in der Wadt gelegene Salzbergwerk, sowie die Saline Schweizerhall und die offenbar der gleichen Schicht angehörenden Solquellen von Kaiseraugst, Rheinfelden und Eglisau zu erwähnen. Damit kann die Schweiz fast ihren ganzen Bedarf decken ($^5/_6$ desselben), und zwar liefert Bex 35.000 Zentner und die Rheinsalinen 457.000 Zentner jährlich.

Die Gewinnung des Kochsalzes geschieht je nach der Art des Vorkommens in verschiedener Weise. An einigen Orten wie in Staßfurt wird es, weil da sehr rein, direkt wie Stein gebrochen und so in den Handel gebracht. Meistens wird es aber, wegen der fremden Beimengungen, zuerst in Wasser gelöst (Sole), dann zum Konzentrieren und zur Abscheidung des zum Teil auch in Lösung gegangenen Gipses über Gradierwerke (große Gerüste mit Dorngestrüpp) (Fig. 124) herunter laufen gelassen

[1]) von giltig = gelten = wertsein.

und hierauf in den Sudhäusern eingedampft (Sudsalz). Aus dem Meerwasser gewinnt man das Salz durch Verdunstenlassen desselben in den sogenannten Salzgärten, großen, flachen Becken, die bei der Flutzeit mit Meerwasser gefüllt werden. Durch den häufigen Land- und Seewind wird das Verdunsten sehr befördert (Meersalz) (Fig. 125). Es ist wegen den ebenfalls aus dem Meerwasser abgeschiedenen Kalisalzen etwas bitter.

Verwendung. Das Kochsalz ist das wichtigste Gewürz für die Speisen der Menschen, und man hat nur wenige Volksstämme im Innern Afrikas gefunden,

Fig. 124. Ein Gradierwerk.
a Natürliche Sole. *b* Wand aus Ästen. *c* Stärkere Sole.

die dasselbe ganz entbehren. Auch dem Vieh, namentlich den Wiederkäuern, gibt man es als Futterzulage (Viehsalz). In der Technik benutzt man Kochsalz für die Chlorbleiche, Soda- und Glaubersalzgewinnung und Salzsäureherstellung.

Die Bildung der Kochsalzlager erklärt man durch das Austrocknen früherer Meeresbecken. Diese Annahme gründet sich auf nachfolgende Tatsachen:

Die Lagerung des Kochsalzes ist an allen Orten ganz gleichartig. Man findet nämlich stets zu unterst Kalkstein oder Mergel, dann folgt Anhydrit und Gips, weiter nach oben nimmt, mit Gips wechsellagernd, das Kochsalz überhand, und zuletzt findet sich dasselbe ganz rein. Über diesem ist, zwar nur bei zwei

Lagern, eine größere Zahl sogenannter Abraumsalze vorhanden, die wegen ihrer Leichtlöslichkeit erst beim vollständigen Austrocknen zur Abscheidung kamen. Dieselben fanden sich ursprünglich wohl auch bei andern Lagern, sind aber wieder vom Wasser fortgeführt worden, und nur, wo sie durch eine Tonschicht geschützt waren, erhalten geblieben. Diese Reihenfolge der Gesteinsschichten in den Kochsalzbergwerken ist bestimmt durch den verschiedenen Grad der Löslichkeit, da sich beim Konzentrieren von Salzlösungen immer die schwerer löslichen Salze zuerst absetzen. Also mußte zuerst der fast ganz unlösliche Kalk abgeschieden werden, dann der schwer lösliche Gips und Anhydrit, hierauf das leicht lösliche Kochsalz und zuletzt die sehr leicht löslichen Abraumsalze.

Fig. 125. Gewinnung von Meersalz (Salzgärten).

In der Gegenwart befindet sich die Kara-Bugas-Bai, eine große Bucht der Kaspisee, in einem solchen Stadium der Abdunstung, so daß jedes Jahr Salz aus dem Wasser abgeschieden wird. Diese Bai hat keinen Zufluß von süßem Wasser und steht mit der Kaspisee (1,3% *Na Cl* haltig) nur durch eine enge Stelle in Verbindung, die durch eine Barre ganz seicht gemacht wird. Wenn nun die warmen Steppenwinde über die Bai hinwehen, so verdunstet stets viel Wasser, während das Salz zurückbleibt; das von der Kaspisee nachfließende Wasser verdunstet ebenfalls wieder, und so hat sich im Laufe der Zeit der Salzgehalt in diesem abgeschlossenen Becken mehr und mehr vergrößert, so daß jetzt der Sättigungsgrad (30%) erreicht ist und fortwährend Salz abgelagert wird. In einem ähnlichen Zustande ist auch der Eltonsee in Südrußland, welcher ebenfalls jährlich große Salzmengen absetzt. Denken wir uns das Kochsalzlager von Staßfurt in dieser Weise in einer Bucht entstanden, so können wir uns seine große Mächtig-

keit (300 *m*) leicht erklären; denn durch das immer wieder über die Barre nachfließende Meerwasser wurden fortwährend neue Salzmassen der Ablagerungsstelle zugeführt.

Auch das Experiment spricht zu Gunsten dieser Erklärung, indem der italienische Forscher Usiglio durch Abdunstenlassen einer großen Menge von Mittelmeerwasser die Salze ebenfalls in obiger Reihenfolge erhalten hat.

40. Die beim Kochsalz angeführten Abraumsalze finden sich nur in Staßfurt bei Magdeburg und bei Kalusz in Galizien in ziemlicher Menge. Während man sie zuerst als unbrauchbar bei der Salzgewinnung wegräumte (daher der Name), hat man in neuerer Zeit ihren hohen Wert für den Ackerbau und die Technik erkannt, und sie werden jetzt an beiden Orten systematisch ausgebeutet und in vielen Fabriken verarbeitet. Mehrere derselben enthalten nämlich das wertvolle Kalium. Die wesentlichsten Abraumsalze sind Sylvin KCl, Carnallit[1]), $MgCl_2$, KCl meist durch Eisenoxyd rot gefärbt, und der Polyhalit[2]) $= K_2SO_4 . MgSO_4 . CaSO_4$.

41. Der Flußspat (Fluorit) CaF_2 kristallisiert vorzüglich in Hexaedern und Kombinationen von $\infty O \infty . O$ (Fig. 126, 127) und spaltet leicht nach dem O. Er hat die Härte 4 und das spez. Gewicht 3·2. Für sich farblos, findet man ihn doch meist gefärbt, so grün, blau, gelb, rot (am Gotthard). Die schönen Kristalle von Cumberland erscheinen im auffallenden Lichte blau, im durchfallenden grün (Fluoreszenz). Auf Platinblech erhitzt, leuchtet der Fluorit noch längere Zeit im Dunkeln (Phosphoreszenz).

Fig. 126. Fig. 127.
Kristalle des Flußspates.
Pyramidenwürfel. Würfel mit abgestumpften Ecken.

Vorkommen und Verwendung. Der Flußspat findet sich meistens mit Erzen zusammen, so in Freiberg, im Schwarzwald, mit Zinnerz in Cornwall (Taf. I, 2). In der Schweiz ohne Erze am Galenstock und am Gotthard (rot) in den kristallinischen Schiefern eingelagert, auf dem Sentis (grünlich) im Schrattenkalk und auf der Oltscherenalp (Faulhorngruppe) im Malm, hier ganz farblos, zu optischen Apparaten verwendet (Abbé). Der Flußspat dient beim Ausbringen der Metalle aus den Erzen als vorzügliches Flußmittel, deswegen der Name. Man verwendet ihn auch zu Ziersachen und stellt aus ihm die das Glas ätzende Flußsäure her.

Allgemeines. Die Haloidsalze[3]) sind Verbindungen von Cl und F mit den leichten Metallen, ihre Kristalle sind tesseral. Die Bezeichnung rührt von ihrem salzähnlichen Aussehen her.

---

[1]) Carnall, Name eines Forschers. — [2]) griech. = vielsalzig. — [3]) griech. hals, halós = Salz (salzartig).

Sauerstoffsalze oder Oxydsalze.

b) Karbonate.

42. Kalkspat (Calcit) $Ca\,C\,O_3$ ist neben dem Quarz das verbreitetste aller Mineralien. Er findet sich in Kristallen, in Aggregaten und als dichter Kalkstein.

a) Kristallisierter Calcit. Calcit kristallisiert hexagonal rhomboedrisch. Die häufigsten Formen sind spitze und stumpfe Rhomboeder und Skalenoeder, kombiniert mit dem Prisma (Fig. 128, 129, 130). Der Kalkspat spaltet vorzüglich nach dem Grundrhomboeder von 105°, so daß man leicht regelmäßige Spaltungsrhomboeder erhalten kann. Er

Fig. 128.
Kristalle des Kalkspates.
Sechsseitiges Prisma *a*, geschlossen durch ein Rhomboeder *b*.

Fig. 129. Calcit.
P *f*
$+R\,.\,-2R.$

Fig. 130. Calcit.
P *r*
$R\,.\,R3.$

bricht das Licht sehr stark, und deswegen läßt sich an ihm die Doppelbrechung am besten zeigen (Doppelspat).

Die Calcitkristalle finden sich frei aufgewachsen in Klüften und Kristalldrusen (Taf. I, 3). Sie sind in allen Kalkgebirgen häufig, so im Jura bei Günsberg, bei Waldenburg, bei Schweizerhall u. s. w., und in den Sedimentzonen der Alpen, so im Binnental, am Oltschikopf, Handeckfall, im Lötschental, hier in großen Skalenoedern u. s. w. Von den vielen ausländischen Vorkommnissen sei nur dasjenige von Helgastad auf Island erwähnt, welches den, seiner seltenen Größe und Reinheit wegen, viel zu optischen Instrumenten (Polarisations-Apparate) verwendeten isländischen Doppelspat liefert.

b) Kristallinischer Calcit ohne äußere Kristallformen. Dieser Kalkspat, der mehr oder weniger grobkörnige Aggregate[1]) bildet, findet sich in vielen Erzgängen als Hauptgangmaterial; ferner besteht daraus der weiße Marmor[2]) von Carrara, von Schlanders im Tirol und Ornavasso

[1] lat. aggregáre = zusammenbringen, häufen. — [2]) griech. marmáiro = glänzen, glitzern.

im untern Tosatal (Baustein des Mailänder Doms). Ebenso gehören dazu die Tropfsteine (Stalaktiten[1]) oben, Stalagmiten[2]) unten , die sich aus kalkhaltigem Wasser absetzen, wie in den wundervollen Höhlen der Hölle bei Baar, bei Langenhard bei Winterthur, im Habkerntal, dann in den meisten Höhlen des Jura, wie bei Reclère, bei Solothurn (Niedelloch) u. s. w. Die bekanntesten Tropfsteinhöhlen des Auslandes sind diejenigen des Karstgebirges (Adelsberger Grotte) Fig. 131, und des fränkischen Jura (Muggen-

Fig. 131. Tropfsteingebirge am Kalvarienberge in der Adelsberger Grotte.

dorfer Höhle). Daß diese wunderlichen Bildungen wirklich aus Kristallkörnern bestehen, kann man leicht durch Zerschlagen eines Stalaktiten zeigen, indem man dann überall die glänzenden Spaltflächen des Spaltungsrhomboeders bemerkt. Ähnlicher Entstehung ist der Kalktuff oder Travertin, obgleich die kristallinische Struktur nicht immer von bloßem Auge erkannt werden kann; er ist ein poröser, schwammiger oder kompakter kalkiger Absatz aus Wasser. Die meisten Quellen des schweizerischen Mittellandes liefern etwas Tuff. Bekannt sind die großen Lager von Toffen (Funde aus der Römerzeit eingeschlossen) und Kehrsatz oberhalb Bern, bei Flurlingen bei Schaffhausen, im Aatal bei Uster, bei Wildberg an der Töß.

c) Dichter Calcit ohne makroskopisch erkennbares Kristallkorn, dazu gehören: Der gewöhnliche Kalkstein, welcher als Meeresabsatz große Schichtensysteme bildet, findet sich im Jura und in den Alpen in großartiger Entwicklung. Zeigt derselbe durch verschiedene Färbungen, Petrefakten oder Calcitadern schöne Zeichnungen, so wird er als „bunter Marmor“ architektonisch verwendet. So der Solothurner Marmor

[1]) griech. stalázo = ich tröpfle. — [2]) griech. stálagma = das Getropfte.

mit gelber oder grauer Zeichnung, der schwarze Alpenmarmor von Sargans, von Ballenberg bei Brienz, von St. Triphon u. s. w., der bunte Marmor vom Grindelwaldgletscher, der Brocatello d'Arzo bei Varese, beides Breccienmarmore, der Muschelmarmor von Bleiberg in Kärnten und der Ruinenmarmor von Florenz. Zum großen Teil aus Muschel- oder Schneckenüberresten zusammengesetzter Kalk heißt zoogener Kalk, so der Muschelkalk im

Fig. 132. Lithographenschieferbruch bei Solenhofen.

nördlichen Jura und Schwarzwald, der Korallenkalk des weißen Jura, der Pariser Grobkalk; dahin gehört auch die Kreide, welche ein fast nur aus Foraminiferenschalen bestehendes lockeres Gestein darstellt, das sich an der Südküste Englands, in der Normandie und auf der Insel Rügen findet. Eine merkwürdige Ausbildung ist der oolithische[1]) Kalk oder Rogenstein[2]) der aus kleinen, konzentrisch aufgebauten rundlichen

[1]) griech. oón = Ei, Rogen. — [2]) soll durch die Tätigkeit von Meeresalgen entstanden sein.

Körnchen besteht, so der Rogenstein des braunen Jura, der Rogenstein des Buntsandstein des Harzes.

Durch Beimengungen wird der Kalkstein zu dem harten Kieselkalk, dem schwarzen Kohlenkalk; durch Tongehalt wird er zum Mergel. Der gewöhnliche Mergel ist ein weit verbreitetes Gestein der Sedimentformationen, Effingermergel und Liasmergel des Jura. Der sehr feinkörnige Solenhofer Lithographenkalk[1]) (Fig. 132) ist ein schwach tonhaltiger Kalkstein, ebenso die Kehlheimer Platten.

Der reine Calcit ist farblos, häufig aber ist der Kalk durch Pigmente gefärbt, rot, braun, grün, grau und schwarz. Er hat die Härte 3 und das Gewicht 2·7. Durch obige Beimengungen werden auch diese Eigenschaften etwas verändert.

Verwendung. Der Kalk ist ein ausgezeichneter Baustein, so verwendet man in Paris den zoogenen Grobkalk, in Wien den Leithakalk, das alte Rom war zum Teil aus dem Travertin von Tivoli erbaut. In der Schweiz schätzt man sehr die Jurakalksteine vom Randen, von der Lägern, vom Hauenstein, von Solothurn, von Laufen, von Reuchenette bei Biel u. s. w. In den Kalkalpen sind große Brüche bei Ragatz. Quinten, Brienz, St. Triphon u. s. w. Den reinen körnigen Kalkstein benutzt man zu Bildhauerarbeiten. Im Altertum verwendete man namentlich den schwachrötlichen Marmor von Paros, während jetzt der weiße Marmor von Carrara als Statuenmarmor fast einzig gebraucht wird.

43. Aragonit $Ca\ C\ O_3$ ist gleich wie Kalkspat zusammengesetzt, aber rhombisch kristallisierend. Die Kristalle zeigen das Prisma, das Querpinakoid und das Querdoma (Fig. 133), häufig finden sich Zwillinge und Drillinge. In den Kristallaggregaten zeigt sich ein faserig strahliger Bau.

Besondere Varietäten sind: Eisenblüte als schneeweiße Ausblühung über Eisenspatlagern, der Erbsenstein als kugeligkörniger Niederschlag aus heißen Quellen.

Fig. 133.

Vorkommen und Verwendung, Der Aragonit kommt viel seltener vor, als der mit ihm dimorphe Kalkspat. Gut kristallisiert findet man ihn bei Molina in Aragonien (daher der Name), bei Bilin in Böhmen und im Basalt des Kaiserstuhls. Eisenblüte von Hüttenberg in Kärnten (Fig. 134). Sprudelstein von Karlsbad (Fig. 135, Taf, I, 4). Das sehr aragonitreiche Quellwasser daselbst überzieht in kurzer Zeit hineingehaltene Gegenstände, wie Blumensträuße u. s. w. mit einer Steinkruste, was bei Zierarbeiten benutzt wird. In der Schweiz findet man Aragonit am Eingang ins Binnental, bei Grengiols, dann im Tavetsch und bei Thusis am linken Ufer der Nolla.

44. Magnesit (Talkspat) $Mg\ C\ O_3$ kristallisiert isomorph mit Kalkspat und zeigt meistens nur das Grundrhomboeder von $R = 107^{\circ}$, nach welchem er auch vorzüglich spaltet. Er ist weiß, oder durch Eisen bräunlich gefärbt.

---

[1]) griech. líthos = Stein, gráphein = schreiben.

Fig. 134. Eisenblüte.

Fig. 135. Erbsenstein.

Kristalle findet man bei Weilerstauden im Urserental, im Salzbergwerk von Bex, bei der Stadt Magnesia in Kleinasien (daher der Name), dicht ausgebildet bei Frankenstein in Schlesien, Baldissero im Piemont. Er wird verwendet zur Gewinnung von reiner Kohlensäure und Bittersalz und liefert feuerfeste Futtersteine für die Bessemerbirne.

45. Dolomit[1]) (Bitterspat, Braunspat) $(Ca\ Mg)\ C\ O_3$ kristallisiert ebenfalls hexagonal hemiedrisch mit einem Rhomboeder von 106°; die Kristallflächen sind häufig gekrümmt. Die vorzügliche Spaltbarkeit geht nach diesem Rhomboeder. Der chemische Gehalt zeigt in Kristallen fast genau *Ca* und *Mg* in gleichen Mengen, hingegen im dichten Vorkommen variiert der Gehalt von 25 bis 75% *Ca*. Auch Eisen tritt vicarisierend auf und färbt dann das Mineral gelb bis braun = Braunspat $(Ca, Mg, Fe)\ C\ O_3$.

Kristallisiert findet sich Dolomit am Campo longo, im Binnental und am Mutthorn, sehr schöne sattelförmige Kristalle im Simplontunnel, ferner bei Hall in Tirol und im Fassatal. — Als Gebirgsmasse im Binnental (zuckerkörniger Dolomit, Taf. I, 5. 6), im Bedrettotale bei Ossasco, als Muschelkalkdolomit in der nördlichen Randzone des Jura und in der Klippenzone (Spillgerten, Giswylerstöcke). In Südtirol bilden die Dolomitriffe ganze Gebirgsstöcke.

[1]) Dolomieu (1750—1808) Professor der Mineralogie in Paris.

Calcit, Dolomit und Magnesit bilden eine isomorphe Gruppe, welche auch durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften begründet erscheint.

Calcit $CaCO_3$	$R = 105^0\ 5'$,	Härte 3,	spez. Gew. 2·7.
Dolomit $(CaMg)CO_3$,	$R = 106^0\ 17'$,	Härte 3·5—4,	spez. Gew. 2·8,
Magnesit $MgCO_3$,	$R = 107^0\ 28'$,	Härte 4—4·5,	spez. Gew. 3·0.

46. Der Eisenspat (Siderit)[1]) $Fe\,C\,O_3$ schließt sich der obigen isomorphen Reihe an und ist mit derselben durch den Braunspat verbunden. Die Rhomboeder $R = 107^0$ weisen oft wie beim Dolomit

Fig. 136. Tagbau auf Spateisenstein im Erzberg bei Eisenerz.

krumme Flächen auf. Kugelige Konkretionen mit Tongehalt heißen Sphärosiderit[2]). Der frisch gebrochene Spateisenstein ist schwach gelblich gefärbt, wird aber an der Luft durch eine Art Oxydationsprozeß bräunlich bis schwarz. Dabei verwandelt er sich zum Teil zu Brauneisenstein und so entsteht die Pseudomorphose von $Fe\,(O\,H)_3$ nach $Fe\,C\,O_3$.

Vorkommen und Verwendung. Der Eisenspat ist ein sowohl in Erzgängen als auch in großen Stöcken vorkommendes Mineral. Kristalle findet man bei Dissentis und auf der Alpe Giom im Tavetsch; auch im Medelser- und Binnental und bei Airolo. Im österreichischen Alpenland bildet der Eisenspat ganze Berge, so in Kärnten und in Steiermark (Erzberg bei Eisenerz) (Fig. 136). Auf Erzgängen kommt er vor im Siegerland, Neudorf im Harz, Allevard bei Isère; mit Kohle vermengt (Kohleneisenstein) in Westfalen, Schottland und England.

[1]) griech. sídero s = Eisen. — [2]) griech. sphaíra = Kugel.

Dieses Mineral ist, wiewohl nicht metallisch aussehend, doch ein sehr wichtiges Eisenerz. Vor der Verhüttung wird es längere Zeit zur Verwitterung auf die Halde geschüttet, wobei es durch die oben erwähnte Umwandlung zur Reduktion vorbereitet und dann geröstet und reduziert wird. (Fig. 136.)

47. Der Zinkspat oder Galmei $Zn\,C\,O_3$ kristallisiert ebenfalls in Rhomboedern, findet sich aber meistens körnig und dicht. Härte 5, Gewicht 4·3. Er hat weiße oder schwach-gelbe Farbe. Oft ist er von dem Kieselgalmei, der noch $Si\,O_2$ enthält, begleitet, so im Altenberg bei Aachen, bei Tarnowitz in Schlesien und Raibl in Kärnten, Sardinien und Algier. Aus diesen beiden Erzen wird viel Zink gewonnen.

48. Malacnit[1]) $Cu\,C\,O_3 + Cu\,(O\,H)_2$ findet sich meist in kristallinisch faserigen Aggregaten von kugeliger, knolliger oder tropfsteinartiger Form. (Fig. 137.) Von schön grüner Farbe (Berggrün), überzieht er häufig andere Kupfererze, aus denen er durch die Einwirkung der Atmosphärilien hervorgegangen ist.

In kleinen Mengen findet sich Malachit überall, wo Kupfer vorkommt. Bei Chessy bei Lyon bildet er Pseudomorphosen nach Cuprit, bei Lauterberg am Harz krustenartige Überzüge. In großen Massen kommt er bei Nischne Tagilsk am Ural vor (Taf. II, 12). Hier wird Kupfer daraus gewonnen. Die größeren Stücke, welche geschliffen, hübsche Zeichnungen zeigen, werden zu Dosen, Vasen und Tischplatten verarbeitet.

Fig. 137. Malachit geschliffen.

49. Azurit (Kupferlasur) $2\,Cu\,C\,O_3 + Cu\,(O\,H)_2$ ist ein Mineral, welches dem Malachit in Bezug auf Bildung und Vorkommen sich vollständig ähnlich verhält, aber eine blaue Farbe besitzt (daher der Name), die durch einen größeren Gehalt von $Cu\,C\,O_3$ bedingt ist. Avers, Mürtschenalp, Vättis (Knappenkopf).

Allgemeines. Die Karbonate sind Verbindungen der Kohlensäure mit den Metallen. Sie können eingeteilt werden in ursprüngliche oder primäre Karbonate $Ca\,C\,O_3$, $Mg\,C\,O_3$, $Fe\,C\,O_3$ und in sekundäre durch Umbildung entstandene Karbonate wie $Zn\,C\,O_3$, $Cu\,C\,O_3$. Durch Erhitzen kann man die Säure aus den Salzen austreiben, und erhält dann die wichtigen Leicht-Metalloxyde $Ca\,O$, $Mg\,O$ und die Schwer-Metalloxyde $Fe_2\,O_3$, $Zn\,O$ und $Cu\,O$, welch letztere durch Reduktion mit Kohle die reinen Metalle liefern.

[1]) griech. malaché = Malve, malvengrün.

c) Sulfate.

51. G i p s ($Ca\,SO_4 + 2\,H_2\,O$) findet sich sowohl in monoklinen Kristallen, als auch in derben Massen. Die Kristalle sind farblos und durchsichtig (Fraueneis, Marienglas); sie zeigen die Flächen des Prismas ∞P *(a)*, der vorderen Pyramide $- P$ *(c)* und der Längsfläche $\infty P \breve{\infty}$ *(b)* (Fig. 138); nach dieser letzteren Richtung lassen sie sich leicht in dünne Blättchen spalten, welche durch die P- und $\infty P \bar{\infty}$-Flächen rhombisch begrenzt werden. Diese zeigen, wenn sie recht dünn sind, schöne Interferenzfarben (Gipsblättchen). Häufig findet man zwei Kristalle nach der Querfläche verwachsen (Schwalbenschwanzzwillinge, Pariserzwillinge vom Montmartre) (Fig. 139).

Der derbe Gips ist körnig, faserig (Fasergips, Seidengips) oder dicht und von weißer oder gelber, roter, grauer Farbe. Die durchscheinenden, rein weißen, dichten Stücke heißen Alabaster[1] (alabasterweiß).

Fig. 138. Gipskristall.

Fig. 139. Gipsdruse von Hallein (nat. Gr.). In der Mitte ein Zwillingskristall.

D e r G i p s ist ein wasserhaltiges Sulfat. Durch Erhitzen auf etwa 130° läßt sich das Wasser austreiben. Dadurch wird das Material undurchsichtig und zerfällt in ein weißes Pulver, gebrannter Gips.

V o r k o m m e n. Der Gips ist fast stets mit Kochsalz vergesellschaftet und da, wo jenes fehlt, ist es wohl durch das meteorische Wasser fortgeführt worden; denn ursprünglich bildet der Gips das Liegende des Steinsalzes und ist wie dieses als Absatz aus dem Meerwasser zu betrachten. Daher sind die Fundorte von Salzlagern auch solche für Gips, so im Salzkammergut, bei Hall, Wieliczka, dazu kommen noch andere wie Girgenti, Mont-martre bei Paris. In der Schweiz sind große Gipsgruben bei Ehrendingen an der Lägern, bei Günsberg am Weißenstein, bei Läufelfingen am Hauenstein, bei Leissigen am Thunersee. Bei Bex (Taf. IV, 2) und Rheinfelden findet man schöne Kristalle.

V e r w e n d u n g. Der gebrannte Gips hat die Fähigkeit, durch Wiederaufnahme des Kristallwassers zu einer festen Masse zu erstarren. Deswegen wird er mit Wasser angerührt zu Gipsabgüssen, zu Statuetten und zu Verzierungen benützt. Als Düngmittel für Klee und Hülsenfrüchte wird Gips in großer Menge auf die Äcker gestreut.

---

[1]) griech, alábastros = weißer Onyx.

52. Anhydrit[1] $CaSO_4$. Die seltenen Kristalle sind rhombisch und zeigen vorzügliche Spaltbarkeit nach allen drei Pinakoiden, wodurch Würfel entstehen. Die Anhydritlager sind stets am Ausgehenden in Gips verwandelt, so bei Leissigen (Tunnel) und bei Bex (Bergwerk), Simplontunnel (schöne Kristalle). Das scheint dafür zu sprechen, daß ursprünglich aus der Meeressalzsole sich Anhydrit abschied, und dieser erst nachträglich durch Wasseraufnahme zu Gips wurde. Damit ließe sich auch das oft ganz verworrene Gefüge der durch die Volumvermehrung aufgequollenen Gipsschichten erklären (1 Vol. Anhydrit liefert $1^2/_3$ Vol. Gips).

53. Der Schwerspat oder Baryt[2] ($BaSO_4$) kristallisiert rhombisch und zeigt meist tafelartige oder prismatische Entwicklung (Fig. 140). Die Spaltbarkeit nach dem Prisma und der Basis gestattet kleine rhombische Täfelchen herauszuspalten.

Fig. 140. Tafelförmiger Schwerspatkristall. *c* Säulenflächen, *a* querliegendes Prisma(Doma), *b* Längsflächenpaar.

Die Eigenfarbe ist weiß; häufig aber sind gelbe, braune und rote Farben vorherrschend. Das spez. Gew. 4·5 ist für ein nicht metallisch aussehendes Mineral auffallend groß (Name).

Vorkommen. Der Baryt findet sich auf Erzgängen in Freiberg (mit Silbererzen), in Klaustal im Harz (mit Bleiglanz) und als Konkretionen im Mergel (Bologneser Spat, dieser leuchtet nach dem Erhitzen). In der Schweiz ist er selten: im Tavetsch mit Eisenglanz, im Lauterbrunnental und Lötschental mit Bleiglanz und Zinkblende auf Gängen im Gneis, so auch im Binnentaler Dolomit.

Verwendung. Der Baryt ist ein lästiger Begleiter vieler Erze, da er das Ausbringen beeinträchtigt. — Obschon das Permanentweiß reines $BaSO_4$ ist, wird doch wegen der schwierigen Pulverisierbarkeit wenig aus Baryt direkt hergestellt.

54. Der Cölestin $SrSO_4$ kristallisiert wie Baryt rhombisch und findet sich in Girgenti in den Schwefelgruben mit Gips in farblosen Kristallen, so auch in Bex (schwach blau gefärbt) im Mergel, Knollen bildend bei Günsberg bei Solothurn, bei Liestal, bei Nunningen im Bezirk Dornach, in Calcitkristalldrusen im Bergwerk von Reuchenette. Das häufig bläuliche Aussehen hat ihm den Namen eingetragen (cölestis = himmelblau).

Wegen des Gehaltes von *Sr* wird er zur Bereitung von Rotfeuer und zur Reinigung des Rübenzuckersaftes verwendet.

55. Das Glaubersalz[3] $Na_2SO_4 + 10\,H_2O$ findet sich, weil im Wasser leicht löslich, fast nur in Quellwassern oder in Ausblühungen, so in Marienbad und Sedlitz in Böhmen, in Baden in der Schweiz und bei Laurenzenbad bei Arau. Wegen seiner heilkräftigen Wirkung wird es jetzt viel künstlich aus Kochsalz hergestellt.

Das Bittersalz $MgSO_4 + 7\,H_2O$ ist im Vorkommen dem Glaubersalz ähnlich. Wegen des Gehaltes an Bittersalz sind berühmt die Bäder von Püllna in Böhmen, Kissingen in Unterfranken, Epsom in England. Bei Birmensdorf im Kanton

[1] griech. ánhydros = wasserfrei. — [2] griech. barýs = schwer. — [3] Arzt Glauber beschrieb es zuerst 1658.

Aargau kristallisiert das Salz oft in strahligen Aggregaten in den Quellschächten aus (Birmensdorfer Wasser).

56. Der Alaun $(K_2 Al_2)(SO_4)_4 + 24 H_2O$ kristallisiert ausgezeichnet tesseral in Oktaedern und Kombinationen mit Rhombendodekaedern. Er ist weiß und bildet meist Effloreszenzen auf den Gesteinen (Alaunschiefer), aus denen er infolge Verwitterungserscheinungen hervorgegangen ist. So in Thüringen, in Tolfa in Italien. Im Kanton Uri an der Windgälle. und im Zgraggental findet man auf kristallinischem Schiefer häufig den schneeweißen Federalaun. An letzterem Orte war früher ein Alaunwerk in Betrieb.

Wegen der vielfachen Verwendung (Beizen, Färben, Gerben, Papierfabrikation, Medizin) wird der Alaun jetzt in großen Mengen künstlich aus Ton hergestellt.

Von den übrigen Sulfaten findet man sowohl den grünen Eisenvitriol $FeSO_4 + 7 H_2O$), als den blauen Kupfervitriol ($CuSO_4 + 5 H_2O$) in entsprechenden Bergwerken, häufig Kristalle und Ausblühungen bildend. Sie sind als Verwitterungsprodukte mineralisch von sekundärer Bedeutung.

Allgemeines. Die Sulfate sind Verbindungen der Metalle mit der Schwefelsäure. Wie bei den Karbonaten unterscheidet man auch hier primäre Sulfate: $CaSO_4$, $BaSO_4$, $SrSO_4$ und sekundäre: $MgSO_4$, $CuSO_4$ u. s. w.

d) Phosphate, Borate, Nitrate und Uranate.

57. Der Apatit[1]) $3 Ca_3(PO_4)_2 + CaCl_2$ kristallisiert hexagonal in Säulen, Pyramiden und Basisflächen. (Fig. 141). Die Kristalle sind farblos oder rot, blau, grün (Spargelstein) gefärbt und zeigen häufig viele Flächen und hemiedrische Ausbildung der Pyramiden. Er bildet die 5te Härteskala-Nummer und hat das Gewicht 3·2. Der dichte Apatit heißt Phosphorit und bildet krusten- und nierenförmige Überzüge oder ist mit Kalk, aus dem er durch Einwirkung von phosphorsaurem Wasser hervorgeht, gemengt; so in den Phosphoritknollen und dem Sombrerit, (Phosphorhaltiger Korallenkalk der Insel Sombrero).

Fig. 141.
$\overset{m}{\infty P} . \overset{p}{P} . \overset{d}{P2} . \overset{c}{oP}$.

Vorkommen. Der Apatit ist ein ziemlich häufig vorkommendes Mineral, wenngleich man es nirgends in größeren Mengen findet. In Erzgängen mit Fluorit bei Zinnwald in Böhmen, bei Arendal und Snarum in Norwegen (Taf. I, 5). Auf kristallinischen Schiefern der Alpen im Zillertal und im Pinzgau. In mikroskopisch kleinen Kristallen findet er sich fast in allen vulkanischen Gesteinen wie Granit, Syenit, Basalt u. s. w. Phosphoritknollen in Nordfrankreich und in Norddeutschland. Die Schweiz besitzt schöne Kristallfundstellen an der Fibbia und der Sella (Taf. IV, 6). im Maggiatal, am Galenstock und im Saastal.

Verwendung. Der Apatit ist wegen des Gehaltes an Phosphor landwirtschaftlich von größter Wichtigkeit. Bei der Verwitterung der Granite und Gneise liefert er den für die Fruchtbarkeit des Bodens so notwendigen Phosphor. Phosphorit wird vielerorts als Düngmittel ausgebeutet, so in Tunis (Gafra) und Algier, früher auch bei Steinbach bei Einsiedeln. Auch der Phosphor der Thomasschlacke

[1]) griech. apaté = Täuschung, wegen der Verwechslung mit Flußspat und Turmalin.

verdankt ihm seinen Ursprung. Während die übrigen Phosphate sekundäre Bildungen sind, ist der Apatit als primärer Bringer des Phosphors zu betrachten.

58. Das Grünbleierz. (Pyromorphit)[1] $Pb_3(PO_4)_2 + PbCl_2$ ist mit dem Apatit isomorph; aber die hexagonalen Säulen sind oft tonnenförmig ausgebildet. Es ist meist grün gefärbt, selten braun (Braunbleierz). Dieses Mineral findet sich am Ausgehenden von Bleierzlagerstätten als sekundäre Bildung, so bei Freiberg, bei Přibram, im Harz, in den Vogesen und bei Ems.

Der Türkis, ein wasserhaltiges Aluminiumphosphat, findet sich nie kristallisiert, sondern nur dicht, enge Spalten ausfüllend, so bei Jordansmühle in Schlesien und bei Herat in Persien. Seiner Härte (6) und seiner schön grünblauen Farbe wegen, wird er als Schmuckstein verwendet.

59. Der Borax[2] $Na_2 B_4 O_7 + 10 H_2 O$ wird an den Boraxseen vom Tibet (Tinkal)[3] und im Clearsee in Kalifornien gefunden. Die Kristalle sind vorzüglich monoklin ausgebildet, verwittern aber an der Luft und lösen sich im Wasser auf.

Die große Verwendung, welche der Borax als Metalloxyd-lösendes Mittel beim Löten und in der Glasmalerei findet, hat eine künstliche Herstellung dieses Salzes aus den Borsäurequellen in der Toskana hervorgerufen.

60. Der Kalisalpeter[4] KNO_3 findet sich in der Natur nur weiße Effloreszenzen und Krusten bildend. Er ist in Wasser sehr leicht löslich und kristallisiert daraus in rhombischen Säulen. Da er sich durch Einwirkung verwesender organischer Substanzen auf kalihaltige Mineralien bildet, findet er sich auf den mit Abfällen überstreuten Kehrplätzen in Ungarn und den Salpeterplantagen von Ostindien und Algier.

Seiner massenhaften Verwendung bei der Pulverfabrikation wegen, wurde er früher vielfach künstlich hergestellt.

61. Der Chilisalpeter (Natronsalpeter $NaNO_3$) findet sich in der Wüste Atakama in großen Blöcken, welche ursprünglich ein gemeinsames Lager bildeten. Die von den Guano-Inseln herüberwehenden Winde sollen die organischen Stoffe zur Bildung dieser Salpeterlager geliefert haben. Da das neue weiße Schießpulver mit Hilfe der aus Chilisalpeter gewonnenen Salpetersäure hergestellt wird, hat der Export dieses Minerals große Dimensionen angenommen. Auch als Düngmittel wird Chilisalpeter viel verwendet.

62. Das Uranpecherz U_5O_8 von grau- bis pechschwarzer Farbe findet sich im Erzgebirge, im Cornwallis u. s. w. und wird zur Herstellung des gelben Uranglases benutzt. In ihm hat man in ganz kleinen Mengen das wunderbare Element Radium entdeckt, das fortwährend Licht, Wärme und Elektrizität ausstrahlt, ohne sich, wie es scheint, zu verändern.

Eine andere unreine Uranoxydverbindung, der Cleveït, hat zur Entdeckung des Heliums, das vorher nur in der Atmosphäre der Sonne bekannt war, geführt.

e) Silikate.

Die Silikate sind Verbindungen von Metallbasen mit den verschiedenen Kieselsäuren. Man unterscheidet nachfolgende 3 Arten:

1. Orthosilikate abgeleitet von $H_4 Si O_4$, Beispiel: $Mg_2 Si O_4$ Olivin.
2. Metasilikate abgeleitet von $H_2 Si O_3$, Beispiel: $Mg Si O_3$ Enstatit.
3. Trisilikate abgeleitet von $H_4 Si_3 O_8$, Beispiel: $K Al Si_3 O_8$ Feldspat.

[1] griech. durch Feuer geformt, weil er nach dem Schmelzen zu einem flächenreichen kugeligen Korn erstarrt. — [2] arab. bûrag = Salpeter (artig). — [3] malajisch = tíngkal. — [4] lat. sal = Salz, pétra = Fels, Auswitterung aus Felsen.

SCHWEIZER MINERALIEN

1. Gold aus dem Gotthardtunnel

2. Magnetit in Chlorit von Zermatt

3. Rutilnadeln in Quarz vom Rhonegletscher

4. Eisenrose von der Fibbia

5. Zinkblendezwilling
im Dolomit des Binnentals

6. Realgar und Eisenkies im Dolomit des Binnentals

Neben dieser mehrfachen Säuregrundlage treffen wir bei den Silikaten auch häufiger, als in anderen Klassen des Mineralreichs, vikarisierende Basen, so daß ein Metall oft durch ein oder zwei andere zum Teil ersetzt sein kann. Zudem treten mehrfach Doppelsilikate als Mineralien auf. Alles dies bedingt, daß die Gruppe der Silikate chemisch die kompliziertestе von allen Mineral-Abteilungen ist. Dagegen sind die Silikate meist physikalisch und kristallographisch wohl charakterisiert, und deswegen gruppieren wir dieselben nicht rein chemisch wie die übrigen Mineralien, sondern wir berücksichtigen auch die äußern Merkmale und erhalten so folgende 7 Abteilungen:

1. Edelkiesel,
2. Hornblendegruppe
3. Glimmergruppe,
4. Talkgruppe,
5. Feldspatgruppe,
6. Tongruppe,
7. Zeolithe.

1. Edelkiesel.

Die Edelkiesel (Hartkiesel, Sklerite) sind vor den übrigen Silikaten durch große Härte, über 6, ausgezeichnet. Sie enthalten als Basen fast nur Leichtmetalle, kristallisieren sehr gut und liefern das Hauptkontingent der Edelsteine.

63. Der Olivin (Fig. 142) kristallisiert rhombisch, findet sich aber selten in gut ausgebildeten Kristallen, sondern meist in unregel-

Fig. 142. Olivin.
$\overset{n}{\infty P} . \overset{s}{\infty \breve{P} 2} . \overset{T}{\infty \breve{P} \infty} . \overset{k}{2 \breve{P} \infty} . \overset{e}{P} . \overset{d}{\bar{P} \infty}$.

Fig. 143. Kristallgestalt des Granats.

Fig. 144. Granat.
$\overset{m}{2 O 2} . \overset{d}{\infty O}$.

mäßigen Körnern in vulkanischen Bomben oder mikroskopisch kleinen Kriställchen in vulkanischen Gesteinen eingesprengt. Er ist von olivgrüner Farbe und hat die Härte 6·5—7. Der Olivin ist wesentlich Magnesiumorthosilikat $Mg_2\ Si\ O_4$, das aber stets einen Gehalt von $Fe\ O$, welcher die Farbe bedingt, besitzt.

Er ist ausnahmslos vulkanischen Ursprungs und kommt im Basalt, in Laven und in Meteoriten vor. Bei vulkanischen Ausbrüchen werden häufig Olivinbomben ausgeworfen. Durch Verwitterung geht der Olivin in Serpentin über.

Verwendung. Die schön durchsichtigen Kristalle (Chrysolith) vom roten Meer und Brasilien dienen als Schmucksteine.

64. Der Granat[1]) (Fig. 143 und 144) ist ausgezeichnet durch seine vorzügliche Kristallisationsfähigkeit in Rhombendodekaedern und Ikositetraedern. Die wechselnde chemische Zusammensetzung kann durch folgende Orthosilikatformel ausgedrückt werden: $\overset{''}{R}_3 \overset{'''}{R}_2 (Si\,O_4)_3$, worin $\overset{''}{R} = Ca, Mg$ oder $\overset{''}{Fe}$ und $\overset{'''}{R} = Al$ oder $\overset{'''}{Fe}$ sein können. Man unterscheidet nach der Farbe und dem chemischen Gehalt folgende Varietäten:

a) Gewöhnlicher Granat $\overset{''}{Fe}_3 Al_2 (Si\,O_4)_3$, rot bis braun, wenn schön durchsichtig = edler Granat (Almandin = Karfunkel[2]) (Taf. II, 7).

b) Grossular[3]) $Ca_3 Al_2 (Si\,O_4)_3$, meist grün durch einen kleinen Eisengehalt.

c) Melanit[4]) $(Ca\,\overset{''}{Fe})_3 (Al\,\overset{'''}{Fe})_2 (Si\,O_4)_3$, tiefschwarz, weil Ferro- und Ferrioxyd enthaltend.

d) Pyrop[5]) $Mg_3 Al_2 (Si\,O_4)_3$ (böhmischer Granat), blutrot, selten in Kristallen, meist in rundlichen Körnern.

Vorkommen. Der Granat ist ein ziemlich häufiges Silikat und findet sich in den kristallinischen Schiefern im Zillertal und Oetztal in Tirol, im Spessart und am Ural. In vulkanischem Gestein im Kaiserstuhl bei Freiburg, bei Zöblitz in Sachsen im Serpentin eingewachsen. In der Schweiz trifft man ihn im Gotthardmassiv bei Airolo, am Campo longo (hier aus Tonschiefer durch Druck entstanden), im Tremola- und Maggiatal, ferner bei Zermatt und am Saasgrat, überall in kristallinischen Schiefern eingewachsen.

Verwendung. Der Granat wird wegen seiner Härte (6½—7) und seinen schönen Farben viel zu Edelsteinen geschliffen (Granatschmuck). In den Apotheken verwendet man die kleinen Körner zum Tarieren, bei den Uhren als Ersatz für Rubine.

65. Der Turmalin ist hemimorph, d. h. die Kristalle sind oben und unten ungleich begrenzt, und das Prisma ist trigonal, mit Zuschärfung der Kanten durch das Deuteroprisma. (Fig. 145.)

Fig. 145. Turmalin.

$\overset{m}{\infty R} . \overset{s}{\infty P 2} . \overset{R}{R} . - \overset{o}{2 R} . - \overset{n}{½ R} . \overset{c}{o R}$.

Er hat die Härte 7 und ist meist von schwarzer Farbe (Schörl); aber es finden sich auch braune, gelbe, rote (Rubellit)[6]) und blaue (Indigolith) Kristalle.

Die Turmaline sind physikalisch höchst merkwürdige Mineralien. Wenn man einen Kristall erwärmt, so wird das eine Ende positiv und das andere negativ elektrisch. Die durchsichtigen Kristalle sind, in verschiedenen Richtungen betrachtet, verschiedenfarbig, dichroitisch. Dünne Platten von Turmalin, die parallel der Hauptachse geschnitten sind, polarisieren das durchfallende Licht, so daß dasselbe durch eine zweite Platte, die

[1]) nach der Farbe der Granatblüten. — [2]) lat. carbúnculus = glühende Kohle. — [3]) lat. ríbes grossulária = Stachelbeere (Farbe). — [4]) griech. mélas = schwarz. — [5]) griech. pyr = Feuer, ops = Auge. — [6]) lat. rubéllus = rötlich.

gleich hergestellt ist, nur hindurch geht, wenn die Hauptachsen parallel sind, im andern Falle aber zum Teil oder ganz (wenn senkrecht zu einander) aufgehoben wird. (Turmalinzange s. S. 23).

Die chemische Zusammensetzung ist kompliziert und schwankend, immer ist vorhanden $B_2\ O_3$ und $Si\ O_2$, mit diesen Säuren verbunden enthalten die dunklen Varietäten neben $Al_2\ O_3$, die Metalle *Mg*, *Fe* oder *Mn* und die hellen *K*, *Na* oder *Li*.

Vorkommen. Der Turmalin findet sich in Graniten, häufig strahlig angeordnet (Turmalinsonnen im Schwarzwald), in Gneisen und kristallinischen Schiefern, so bei Bodenmais, Andreasberg im Harz. Durchsichtige kommen von Elba und Pala in Californien, von Brasilien und Ceylon. In der Schweiz findet er sich am Campo longo am Gotthard, im Binnental, ebenso im Tavetsch und Medelsertal.

66. Der Topas[1]) (Fig. 146) kristallisiert rhombisch. Die prismatischen Formen zeigen gewöhnlich Kombinationen von zwei Prismen und mehreren Pyramiden und sind ausgezeichnet spaltbar nach der Basisfläche. Der Topas hat starken Glasglanz und ist selten farblos, sondern meist gelb oder rötlich gefärbt. (Taf. II, 8.) Die chemische Zusammensetzung $Al_2\,Si\,O_4\,F_2$ weist das seltene Fluor auf.

Fig. 146. Topas.

Vorkommen. Der Topas ist ein charakteristisches Mineral der Zinnerzlagerstätten von Altenberg, Zinnwald und Schlackenwald im Erzgebirge, reichster Topasschmuck im „grünen Gewölbe" in Dresden. Von Villa Rica in Brasilien stammen gelbe, durch Glühen rot werdende, Kristalle und vom Schneckenstein in Sachsen hellgelbe. Auch der Ural und Sibirien liefern schöne blaue Topase. In den Edelsteinseifen von Ceylon findet er sich in rundlichen Stücken.

Verwendung. Der Topas wird wegen seiner großen Härte (8), seinem starken Glanz und seiner gelben oder roten Färbung als Edelstein verwendet; die farblosen werden nicht selten mit Diamanten verwechselt.

67. Der Beryll kristallisiert vorzüglich hexagonal in Prisma, Pyramide und Basis. (Fig. 147.) Er bricht leicht nach der Basis und hat die Härte 7 1/2—8. Der Beryll ist entweder weiß und undurchsichtig (gemeiner Beryll), oder durchsichtig und gefärbt, grün (Smaragd), gelb (Goldberyll) oder meergrün und blau (Aquamarin). Der Beryll $Be_3\ Al_2\ Si_6\ O_{18}$ enthält die seltene Beryllerde.

Fig. 147. Kristallgestalt des Berylls.

Fig. 148. Zirkon. $\overset{l}{\infty P}.\overset{s}{\infty P \infty}.\overset{P}{P}$

Vorkommen. Der Beryll findet sich in kristallinischen Schiefern und Graniten eingewachsen. Die schönsten Smaragde kommen von Kolumbien und aus dem Habachtal bei Salzburg, Aquamarin vom Mont Blanc, vom Ural, von Elba und Brasilien. Der Smaragd von reinem Wasser ist gegenwärtig der teuerste Edelstein.

---

[1]) sanskrit tâpus = Feuer.

Der gemeine Beryll kommt im Fichtelgebirge, auf Elba und in Nordamerika vor, hier im Granit von Grafton in mannshohen Kristallen von 20—30 *Ctr.* Gewicht.

68. Die Zirkon-Kristalle zeigen das normale und das deuterotetragonale Prisma mit der Pyramide (Fig. 148). Meist ist der Zirkon gelb, braun oder rot gefärbt und zeigt starken Glas- bis Diamantglanz. Die durchsichtigen roten heißen Hyacinthe. Der Zirkon besteht aus $Zr\,O_2$ und $Si\,O_2$ oder $Zr\,Si\,O_4$.

Vorkommen und Verwendung. Dieser Edelkiesel findet sich bei Sebnitz und Waldheim in Sachsen und im Siebengebirge; die meisten aber kommen von Miask (Ural), südl. Norwegen und Ceylon (Seifenzirkon). Die Zirkone werden für Zapfenlager in den Uhren als Ersatz für Rubine, bei feinen Wagen und zur Herstellung der Auerlichtstrümpfe verwendet. Der Hyacinth ist ein geschätzter Edelstein.

69. Der Lasurstein (Lapis lazuli)[1]) ist ein schwefelhaltiges Silikat, das eine rein blaue Farbe besitzt und oft von Pyriteinlagerungen durchsetzt ist. Er kommt aus Zentral-Asien (Baikalsee) zu uns und findet sich auch in Auswürflingen des Monte Somma und am Laacher See. Von Alters her wurde er zu Schmucksachen verarbeitet, und früher gewann man aus ihm das jetzt künstlich hergestellte Ultramarin.

Zu den Edelkieseln gehören noch einige Silikate, die namentlich für unsere Alpen typisch sind:

70. Der Epidot kristallisiert monoklin in Formen, die nach der Orthoachse domatisch verlängert sind. Sein starker Glanz, seine hell- bis dunkelgrüne Farbe, sowie seine große Härte (7) lassen ihn von andern Mineralien leicht unterscheiden. Seine Zusammensetzung ist $H\,Ca_2\,(Al\,Fe)_3\,Si_3\,O_{13}$.

Man findet den Epidot auf Klüften von Silikatgesteinen im Zillertal, im Fassatal und im Untersalzbachtal im Pinzgau. In der Schweiz kommt er bei Zermatt, bei Guttannen am Sustenhorn, ferner auch im Saastal und Binnental und in der Gotthardgruppe vor. — Ihm ähnlich ist der kurzsäulige Vesuvian, der ausgezeichnet tetragonal kristallisiert. Die dunkelgrünen, flächenreichen Kriställchen finden sich im Kontaktgestein: Auswürflinge des Vesuv, Kontaktzone am Monzoni, und in kristallinischen Schiefern: Zermatt, Mussaalp im Piemont.

71. Der Axinit kristallisiert vorzüglich triklin in scharfkantigen Tafeln, er ist bräunlich, grünlich oder bläulich gefärbt und findet sich auf kristallinischen Schiefern aufgewachsen, so am Monzoni und Harz. In der Schweiz am Scopi (rötlichbraun), am Prosa beim Gotthardhospiz (grün).

Dem Axinit ähnlich ist der Titanit $Ca\,Ti\,Si\,O_5$, er bildet kleine gelbliche Kriställchen aufgewachsen auf Gneis (Tavetsch) und eingewachsen im Granit (Puntaiglas); die grüne Abart heißt wegen ihrer Keilform Sphen (Tavetsch).

72. Der Disthen[2]) oder Cyanit[3]) bildet lange linealartige, trikline Säulen, die leicht nach der breiten Fläche spalten. Die Härte ist in zwei zueinander senkrechten Richtungen sehr verschieden, nämlich $4^1/_2$ und 7 (Name). Bläulichweiß bis tiefblau gefärbt findet er sich in kristallinischen Schiefern eingewachsen, so bei Pfitsch in Tirol und in dem Paragonitschiefer im Val Chironico, südlich vom Pizzo Forno, hier mit Staurolith (Taf. IV, 4).

73. Der Staurolith[4]) bildet rhombische Säulen von sechsseitigem Querschnitt, die häufig Durchkreuzungszwillinge darstellen (Name). Er ist rötlichbraun

[1]) pers. lazuârdi = blau. — [2]) griech. dis = zwei, sthénos = Härte. — [3]) griech. kýanos = blau. — [4]) griech. stâuros = Kreuz.

bis braunschwarz und findet sich wie Cyanit in kristallinischen Schiefern eingewachsen, mit ihm gemeinsam im Paragonitschiefer, ohne Cyanit im Val Piora und am Nufenenpaß. (Taf. IV, 4.)

2. Hornblendegruppe.

Die Hornblendemineralien sind meist dunkel (grün, braun oder schwarz) gefärbte Silikate, welche monoklin kristallisieren und vorzüglich nach dem Prisma spalten. Nach den Spaltrichtungen lassen sie sich in zwei Reihen ordnen, nämlich in solche, die einen Spaltwinkel von 124° haben und langprismatisch sind (Hornblendeartige) und in solche, die einen Spaltwinkel von 87° besitzen und kurzprismatisch sind (Augitartige). Im übrigen sind die beiden Reihen einander ziemlich ähnlich. Härte 5—6, Gewicht 3, starker Hornglanz (Name).

Die chemische Zusammensetzung ist schwankend, die hellern Kristalle enthalten namentlich das Metasilikat $Mg\,Ca\,(Si\,O_3)_2$, die dunkleren noch dazu $(Mg\,Fe)\,(Al\,Fe)_2\,(Si\,O_6)_2$; je mehr Fe vorhanden ist, umso dunkler ist die Farbe.

74. Die Hornblende kristallisiert monoklin. Die eingewachsenen Kristalle zeigen das Prisma *a* (Fig. 149) mit den Längsflächen *b*, oben und unten begrenzt durch die Basis *d* und die Pyramide *c*; längs dem Prisma sind sie leicht spaltbar und so erhält man Spaltstücke mit einem Spaltwinkel von 124°. Zwillinge nach der Querfläche sind nicht selten (Fig. 83.) Häufig sind die Kristalle sehr lang und strahlig angeordnet, oft ganz faserig ausgebildet. Die wichtigeren der von einander sehr abweichenden Varietäten sind, der Intensität der Farbe nach geordnet:

Fig. 149. Hornblende.

a) Der Tremolit[1]) ist weiß, oder hellgrün mit Seidenglanz und bildet langsäulige Kristalle, die selten gute Endigungen zeigen. Eingewachsen im Kalk von Breitenbrunn in Sachsen und im Talkschiefer des Val Piora, im Dolomit am Campo longo und bei Zermatt.

b) Der Strahlstein, hellgrün bis dunkelgrün gefärbt, findet sich in strahligen Aggregaten in Chlorit- und Talkschiefer eingewachsen im Zillertal, dann am Fletschhorn, im Binnental, am Gorner-Gletscher, am Gotthard im Kanarientale, am Triftgletscher und im Gadmental. — Der sich im Innern Asiens häufig, in Europa aber nur bei Jordansmühl in Schlesien in größerer Menge findende Beilstein (Nephrit)[2]) ist ein dichter, verworrenfaseriger Strahlstein, der wegen seiner Zähigkeit früher viel zu Steinwaffen verwendet wurde. Das Material der Nephritbeile der Schweizer-Pfahlbauten scheint zum Teil von der Gurschenalp im Gotthardgebiet und vom Riffelberg bei Zermatt herzustammen.

c) Der Asbest[3]) ist eine merkwürdige Abart des Strahlsteins, in den er oft übergeht. Er besteht aus außerordentlich dünnen, fadenartigen Fasern, die oft ziemlich parallel sind (Bergflachs), oder dicht gedrängt (Bergkork) (Zermatt), oder verworren gelagert vorkommen (Bergleder). Man findet dieses eigentümliche Mineral

[1]) Vom Tremolatal, wo er aber nicht vorkommt. Verwechslung mit dem nahen Val Piora. — [2]) griech. nephrós = Niere, Amulett gegen Nierenkrankheiten. — [3]) griech. ásbestos = unverbrennlich.

in großen Massen in Kanada, auf Corsica und am Ural; in der Schweiz im Puschlav (wird hier ausgebeutet), im Grieserntal (Amianth) (Taf. IV, 1), im Maderanertal bei Amsteg, im Kreuzlital bei Sedrun, am Sustenhorn im Gadmental und auf dem roten Boden bei Guttannen. Der Asbest hat sehr viele Verwendungen gefunden, z. B. zu feuerfesten Geweben: Theatervorhängen, Glühlichtstrümpfen, Feuerwehr-Handschuhen, zu Besen in Krematorien, Stopfmaterial bei Dampfröhren und Dampfzylindern, Isoliermasse bei elektrischen Maschinen, beim Kontaktverfahren der Schwefelsäureherstellung, mit Zement liefert er den Eternit.

d) Die gemeine Hornblende bildet als dunkelgrüne bis schwarze Körner einen Hauptbestandteil des Syenit und Diorit und ist fast das ausschließliche Mineral der Hornblendeschiefer, die in der kristallinischen Zone der Alpen nicht selten sind.

e) Die basaltische Hornblende ist braunschwarz bis pechschwarz gefärbt und bildet rundum ausgebildete Kristalle. Sie findet sich in Basalt, Trachyt und Phonolithtuffen im böhmischen Mittelgebirge bei Cernosin, auf der schwäbischen Alb, an der Rhön und im Hegau. (Fig. 149.)

75. Der Augit[1]) hat in bezug auf Zusammensetzung, Ausbildung und Vorkommen große Ähnlichkeit mit der Hornblende. Er ist aber dimorph mit derselben, denn die monoklinen Kristalle zeigen (Fig. 150) ein Prisma, das fast rechtwinklig (87°) ist und meist mit beiden Pinakoiden kombiniert auftritt $b\ (\infty P \bar{\infty})$ und $c\ (\infty P \breve{\infty})$. Zwillinge nach der Querfläche (*b*) nicht selten (Fig. 84). Diese verschiedenen Kristallformen und die Spaltbarkeit nach dem Prisma von 87° sind die Hauptunterschiede der beiden dimorphen Mineralien Hornblende und Augit. Von den vielen Varietäten führen wir auf:

Fig. 150. Augit.

a) Den Diopsid[2]); er bildet aufgewachsene, grünliche, meist durchsichtige (Name) Kristalle, die als Schmucksteine verwendet werden. Fundorte: Fassatal in Tirol, Teufelstein in Sachsen, im Nikolaital am Riffelhorn, am Matterhorn bei Zermatt, am Mittagshorn im Saastal und im Maggiatal.

b) Der gemeine Augit bildet ringsum ausgebildete Kristalle (Fig. 150), die häufig nach $\infty P \bar{\infty}$ verzwillingt sind und dunkelgrüne bis schwarze Farbe haben. Er ist ein wesentlicher Bestandteil des Diabases und Melaphyrs, auch findet er sich im Basalt und in den vulkanischen Tuffen im Hegau, am Vesuv, am Laacher See u. s. w.

c) Der Diallag[3]) (Blätteraugit) ist durch Verwitterung bräunlich gefärbt, zeigt vorzügliche Spaltbarkeit parallel der Querfläche und hat auf dieser einen starken Glanz (Schillerspat). Er ist ein wesentlicher Bestandteil des Gabbro. — Ihm sehr ähnlich ist der ebenfalls blätterig ausgebildete aber rhombisch kristallisierende und fast metallischglänzende Bronzit, der sich auch im Gabbro und Basalt findet. — Im Saastal im Wallis findet sich in einem Saussurit-Gabbro ein hellgrün gefärbter Smaragdit genannter Augit.

3. Glimmergruppe.

Die Glimmer sind Silikate von ausgezeichneter Spaltbarkeit nach der Basis, so daß es möglich ist, sehr dünne Schüppchen loszulösen (Glimmerblättchen). Sie kristallisieren monoklin mit großer Annäherung an hexagonale Formen. Chemisch sind die Glimmer wasserhaltige

[1]) griech. augé = Glanz. — [2]) griech. ópsis = das Sehen, diá = hindurch. — [3]) griech. diallagé = Veränderung.

Aluminiumsilikate mit Kali, Natron, Lithion oder Magnesiagehalt, wonach sie auch unterschieden werden. Als primäre wesentliche Bestandteile nehmen die Glimmer bei der Zusammensetzung der Silikatgesteine eine hervorragende Stelle ein.

76. Der Kaliglimmer (Muskovit)[1]) bildet monokline Blättchen und kurze Säulen von hexagonalem Umriß ($a = \infty P$, $b = \infty P\breve{\infty}$, $c = o P$) (Fig. 151), welche vorzüglich nach $o P$ spalten. Führt man mit einem spitzigen Instrument auf ein solches Spaltblättchen einen Schlag aus, so erhält man einen sechsstrahligen Stern (Schlagfigur). Der Muskovit hat starken Perlmutterglanz und helle Farbe (heller Glimmer), weiß, gelb, grau, hellbraun; sein schimmerndes Aussehen hat ihm den Namen Katzengold oder Katzensilber eingetragen. Der Kaliglimmer $H_2 K Al_3 (Si O_4)_3$ enthält immer etwas *Fe*, dessen Menge die verschieden starke Farbe bedingt.

Fig 151. Glimmer.

Vorkommen. Der Muskovit ist ein wesentlicher Bestandteil des Granits, des Gneises, des Porphyrs und des Glimmerschiefers und ist deswegen weit verbreitet. Oft findet er sich als schöne Platten in Pegmatiten am Ural und Nordamerika (unechtes Marienglas, russisches Glas); diese werden ihrer Haltbarkeit wegen statt Glas verwendet bei Öfen (Kaloriferen, Hochöfen, Krematorien), Lampen und als Fenster auf Kriegsschiffen. In der Schweiz sind bekannte Funde im Gotthardmassiv (Sella, Fibbia, Bedrettotal) im Binnental, am Simplon. Als kleine Schüppchen findet man ihn in den massenhaften Gneisen und Protoginen der Zentralmassive, hier ist er auch häufig in der Abart Sericit[2]) vorhanden, welches ein grünlich gefärbter, seidenglänzender, sich den andern Mineralien anschmiegender Kaliglimmer ist (Sericitgneis).

77. Der Magnesiaglimmer (Biotit)[3]) ist dem Muskovit morphologisch sehr ähnlich, ist aber viel dunkler gefärbt (dunkler Glimmer), dunkelgrün, braun, schwarz (Rabenglimmer). In der chemischen Analyse weist er neben viel *Mg* einen ziemlich großen Gehalt von *Fe* auf, wodurch die dunkle Färbung bedingt ist.

Vorkommen. Der Magnesiaglimmer ist auch im Vorkommen dem Muskovit ähnlich. So findet man ihn in Graniten, Gneisen und Glimmerschiefern, oft mit Muskovit zusammen (zweiglimmeriger Granit). Da er leichter verwittert, findet man ihn nicht, wie den widerstandsfähigern Kaliglimmer, im Flußsande oder in gewöhnlichen Sedimenten. Biotit ist in guten Kristallen im Dolomit am Campo longo, im Val Canaria und im Binnental „zu den Turben“ gefunden worden.

78. Der Natronglimmer $H_2 Na Al_3 (Si O_4)_3$ ist ebenfalls dem Kaliglimmer ähnlich, kommt aber nur in schuppigen Aggregaten vor, so silberweiß im Paragonitschiefer im Val Chironico und hellgrün bei Pregratten.

79. Der Lithionglimmer ist von dem Kaliglimmer nur durch einen Gehalt von bis 5% Lithium unterschieden und zeigt deswegen eine rote Flammenfärbung. Er selbst ist meist rötlich gefärbt und findet sich bei Rožna in Mähren und Chursdorf bei Penig in Sachsen. Aus ihm werden die Lithiumpräparate hergestellt.

---

[1]) von Muscóvien = Rußland. — [2]) lat. séricum = Seide. — [3]) Nach dem Mineralogen Biot.

4. Talkgruppe.

Die talkartigen Mineralien sind selten gut kristallisiert, sondern meist faserig, schuppig oder dicht ausgebildet. Es sind wasserhaltige Magnesiumsilikate mit einem wechselnden Gehalt von *Fe*. Ihrer Entstehung nach sind sie wohl alle sekundär durch Zersetzung der Mineralien der Glimmer- und Hornblendegruppe gebildet worden.

80. Der Chlorit[1]) kommt selten kristallisiert in sechsseitigen Täfelchen vor, meist ist er derb und von blätteriger Struktur. Seine Farbe ist hellgrün bis dunkelgrün. Er zeigt Fettglanz und besitzt große Weichheit, H = 1 — $1^1/_2$. Die chemische Zusammensetzung $H_2O . MgO . Al_2O_3 . SiO_2$ + ein wenig FeO läßt ihn als Zwischenglied von Glimmer und Talk betrachten.

Vorkommen. Er findet sich als Hauptbestandteil des Chloritschiefers im Tirol, im Salzburgischen, in der Schweis bei Zermatt (Taf. III, 2). In Kristallen am Findeiengletscher (Pennin), am Strahlhorn; in schuppigen Agregaten am Sidelhorn an der Grimsel, am Mutterhorn an der Furka und im Tremolatal.

81. Der Talk findet sich selten kristallisiert, fast immer bildet er blätterige, schuppige Aggregate. Er ist fettig anzufühlen, stark glänzend und weiß oder schwach grünlich gefärbt. H = 1. Der Talk $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ mit wenig *Fe* verliert im Feuer H_2O und wird dadurch hart.

Eine dichte Abart des Talkes nennt man Speckstein; dieser zeigt, da er stets durch Verwitterung anderer Mineralien entstanden ist, häufig Pseudomorphosen, so nach Quarz, nach Augit, nach Dolomit u. s. w.

Vorkommen und Verwendung. Der Talk bildet die Talkschiefer in den Salzburger und Tiroler Alpen, in der Schweiz bei Weilerstauden bei Hospental, Geigenstaffel bei Andermatt, bei Stalden im Wallis. Er wird als Schlupfpulver und Schminke verwendet. — Der Speckstein, der im Urserental und Oberwallis vorkommt, dient als Schneiderkreide (spanische Kreide), als Träger der Farben bei Rot- und Blaustiften, als Brenner für Gaslampen, als Schmiermittel, zu Ofenkacheln (Ofenstein), zu Töpfen = Lavezstein[2]): Lavizzara (Tessin), Scaleglia bei Dissentis, Puschlav und Chiavenna. Die Chinesen schnitzten kleine Figuren (Pagoden) daraus (Bildstein).

82. Der Serpentin[3]) kristallisiert nie, sondern tritt stets als dichte körnige Gesteinsmasse auf. Er ist ziemlich hart ($H = 3 — 4$) und zähe. Seine Farbe, bedingt durch den Eisengehalt, ist mehr oder weniger stark grün und wechselt oft an demselben Stück, häufig ist er geadert oder gefleckt (Schlangenstein).

Der Serpentin $H_2Mg_3(SiO_4)_2 + H_2O$ ist stets sekundär aus Olivin, Augit oder Hornblende haltigen Gesteinen hervorgegangen und ist deshalb streng genommen zu den Gesteinen zu zählen, deswegen ist auch seine Zusammensetzung nicht konstant.

---

[1]) griech. chlorós = grün. — [2]) ital. Laveggio = Kochtopf. — [3]) lat. sérpens = Schlange.

$$2\,Mg_2\,Si\,O_4 + H_2\,C\,O_3 = H_2\,Mg_3\,(Si\,O_4)_2 + Mg\,C\,O_3$$

Olivin Serpentin Magnesit

Vorkommen und Verwendung. Er bildet selbständige Gesteinsmassen zu Zöblitz in Sachsen, Epinal in Frankreich; in der Schweiz bei Klosters (Totenalp) im Prätigau, am Findelengletscher bei Zermatt (Schweizerit), am Gotthard, Piz Longhin im Oberengadin, im Val Antigorio im Piemont (Antigorit), Totmoos im Schwarzwald. Der Serpentin ist wegen seiner oft schönen farbigen Zeichnung zu Grabsteinen, Leuchtern, Vasen und Statuetten verarbeitet worden. Der faserig ausgebildete Serpentin-Asbest wird wie der Hornblendeasbest verwendet, besitzt aber den Vorzug größerer Elastizität.

83. Der Meerschaum[1]) findet sich nur in derben porösen Stücken, die an der Zunge haften. Er schwimmt anfänglich auf dem Wasser, saugt sich aber bald voll Wasser und sinkt dann unter, Gewicht 1·5—2. Er enthält $2\,H_2\,O\,.\,2\,Mg\,O\,.\,3\,Si\,O_2$ und ist wegen der Abwesenheit von *Fe* meist ganz weiß. Er geht durch Zersetzung aus dem Serpentin hervor.

Vorkommen und Verwendung. Die Hauptmasse des Meerschaums kommt von Natolien in Kleinasien, auch bei Hrubschitz in Mähren und in der Krim findet er sich. In neuerer Zeit sind in Algier große Lager entdeckt worden. Er wird zu Pfeifenköpfen und Zigarrenspitzen verarbeitet.

5. Feldspatgruppe.

Die Feldspäte sind Silikate, die sich durch zwei vorzügliche Spaltrichtungen, nämlich nach Basis und Längsfläche auszeichnen, und da die einen Feldspäte monoklin und die anderen triklin kristallisieren, so unterscheidet man dieselben nach dem Spaltwinkel in Orthoklas[2]) mit 90° und in Plagioklase[3]) mit 86°—87° Spaltwinkel. Chemisch sind die Feldspäte Trisilikate mit den Basen *Al* und *K*, *Na* oder *Ca*.

84. Der Kalifeldspat oder Orthoklas kristallisiert monoklin und zwar in prismatischen Formen, die durch die Basisfläche und das positive Querdoma begrenzt sind (Fig. 152). Er bildet auch häufig Zwillinge, die nach der Längsfläche verwachsen, aber nach der Querfläche symmetrisch sind (Fig. 153). Er bricht sehr leicht nach der Basis $o\,P = P$ und der Längsfläche $\infty P \breve{\infty} = M$, so daß man rechtwinklige Spaltstücke erhält; solche Stücke finden sich etwa auf dem Felde, daher der Name. $H = 6$, Gewicht = 2·5.

Fig. 152. Orthoklas.

Fig. 153. Karlsbader Zwilling.

Der Orthoklas ist, wenn rein, farblos, doch zeigt er meist rötliche, bräunliche oder grünliche Farbe. Der Kalifeldspat $K\,Al\,Si_3\,O_8$ ist ein Trisilikat und liefert

[1]) arab. Mýrschen = Meerschaum. — [2]) griech. órthos = rechtwinklig. kláo = ich spalte. — [3]) griech. plágios = schief.

durch Verwitterung den Ton und die für die Pflanzen so wichtige Pottasche $K_2\ C\ O_3$.

Man unterscheidet folgende Varietäten:

a) Gemeiner Feldspat; er bildet Kristalle und unregelmäßig begrenzte Körner in vielen Silikatgesteinen wie Granit, Syenit, Porphyr, Protogin und Gneis und ist in allen diesen ein Hauptbestandteil. Er ist undurchsichtig und meist schwach rötlich, selten grünlich (Amazonenstein) gefärbt (Taf. I, 6) Gut ausgebildete Kristalle findet man im Riesen- und Fichtelgebirge, bei Karlsbad, bei Baveno am Lago maggiore.

b) Adular[1]) (Eisspat) (Fig. 154) werden die klar-durchsichtigen und farblosen oder schwach gefärbten Kristalle genannt, wie man sie in den Alpen aufgewachsen und in Drusengängen häufig findet, so im Maderaner- und Urserental (Taf. IV, 5), auf dem Lukmanier und bei Guttannen. Adularzwillinge im Gotthardmassiv an der Fibbia und an der Sella.

Fig. 154. Adular.

c) Als Sanidin[2]) sind tafelartig entwickelte Kristalle von glasigem Aussehen in jung vulkanischen Gesteinen bezeichnet worden, so im Trachyt vom Drachenfels, im Phonolith am Kaiserstuhl und im Hegau, ebenso auf dem Vesuv und am Laacher See.

Verwendung. Schöne, durchsichtige und opalisierende Feldspate (Mondsteine) und der grüne Amazonenstein werden als Schmucksteine geschliffen. Körnige Massen werden, wenn rein, zur Porzellanfabrikation und zu Email benutzt. Der Hauptwert des Orthoklases aber liegt in seinem großen Kaligehalt, welcher bei der Verwitterung nach und nach an die Ackerkrume abgegeben wird, wodurch dieselbe befruchtet wird. Deswegen wird der Feldspat auch oft gemahlen zur Verbesserung des Bodens benützt.

85. Der Natronfeldspat oder Albit[3]) kristallisiert ähnlich wie der Orthoklas (Fig. 155), da aber die Kristalle triklin sind, bildet die Vertikalachse mit der Querachse einen schiefen Winkel, der jedoch nur wenig von einem rechten verschieden ist, 87°. Deswegen stehen auch die diesen Achsen parallel gehenden Spaltflächen ein wenig schief zu einander (Plagioklas). Der Albit bildet sehr häufig Viellinge nach dem Karlsbadergesetz, wodurch auf der Basisfläche schwach einspringende Winkel entstehen. Der Albit ist zum Unterschiede von Orthoklas meist weiß oder grünlich, selten rötlich oder braun; auch kann man ihn an der Zwillingsstreifung vom Orthoklas unterscheiden. (Fig. 156.)

Fig. 155. Albit. Fig. 156.

[1]) Von Strabo im Adulagebirge, zu welchem er auch den Gotthard rechnete, angegeben. — [2]) griech. sánis = Tafel. — [3]) lat. álbus = weiß, daher Album = weißes Buch.

Die Zusammensetzung $Na\,Al\,Si_3\,O_8$ entspricht derjenigen des Kalifeldspates. Der Natronfeldspat findet sich kristallisiert auf Silikatgesteinen der Alpen, z. B. im Travetsch und am Scopi, ferner auf dem Piz Beverin und am Bristenstock.

86. Der Kalkfeldspat oder Anorthit[1]) kristallisiert triklin und zeigt ganz die gleichen kristallographischen Eigentümlichkeiten wie Albit, nur ist der Winkel der Spaltflächen etwas kleiner (86°). Er ist ein normales Orthosilikat $Ca\,Al_2\,(Si\,O_4)_2$. Kristalle finden sich am Vesuv und am Monzoni.

Albit und Anorthit kommen in allen möglichen Verhältnissen gemengt vor und bilden dann wegen ihren äußerst ähnlichen Kristallformen scheinbar einheitliche Kristalle. Alle diese Mischungen, die beiden Endglieder eingerechnet, heißen Plagioklase. Man unterscheidet nach ihrem Gehalte an Na folgende Plagioklase:

a) Oligoklas[2]) enthält vorherrschend Albit (Alb.) und wenig Anorthit (An.), findet sich in vielen Porphyren und Gneisen neben Orthoklas, dann im Diorit und Diabas, überall an der Zwillingsstreifung erkennbar.

b) Andesin enthält gleichviel Alb. und An. und tritt in vielen Andesiten der Anden (Name), im Adamello-Gebirge und in den Trachyten Ungarns als Hauptbestandteil auf.

c) Labradorit enthält wenig Alb. und viel An. und kommt an der Küste von Labrador in prächtig irisierenden Stücken vor (Labradorisieren). Sonst im Gabbro und Dolerit. Der grünlich-graue Saussurit ist ein in Zersetzung begriffener Plagioklas (Saussuritgabbro im obern Saastal).

Die Plagioklase finden sich selten in gut ausgebildeten Kristallen, sondern bilden meistens als unregelmäßig begrenzte Körner einen Hauptbestandteil der basischen Eruptivgesteine. Je mehr Ca sie enthalten, umso leichter werden sie durch die Verwitterung zersetzt (Kaolinisierung).

In jüngeren Eruptivgesteinen sind die Feldspäte oft durch folgende zwei Mineralien vertreten:

a) Der Leucit $K_2\,Al_2\,Si_4\,O_{12}$ kristallisiert rhombisch in Formen, die dem Ikositetraeder sehr ähnlich sind. Er ist meist weiß (Name)[3]) und findet sich am Vesuv, am Ätna, im Hegau und am Kaiserstuhl (Leucitporphyr.)

b) Der Nephelin[4]) $Na\,K\,Al\,(Si\,O_4)_2$ kristallisiert hexagonal, aber freie Kristalle sind selten. Auf den Bruchflächen zeigt er starken Fettglanz. Im Phonolith eingesprengt am Katzenbuckel, am Löbauerberg und im Hegau.

6. Tongruppe.

Die tonartigen Mineralien sind alle sekundärer Natur, da sie aus feldspathaltigen Gesteinen hervorgegangen sind. Infolgedessen findet man sie selten rein (Kaolin), sondern meist mit verschiedenen Stoffen verunreinigt (Tone). Ihr Auftreten und ihre Entstehungsweise sind für die

---

[1]) griech. anorthós = nicht rechtwinklig. — [2]) griech. olígos = wenig, schlecht (brechend). — [3]) griech. leukós = weiß. — [4]) griech. nephelé = Wolke, weil sich das Mineral mit Säuren wolkig trübt.

Bildung und Fruchtbarkeit der Ackererde von der allergrößten Bedeutung. Chemisch sind die Tone wasserhaltige Aluminiumsilikate.

87. Die Porzellanerde[1]) oder der Kaolin[2]) kommt nur selten in feinen kristallinischen Schüppchen, gewöhnlich aber dicht und erdig vor, oft Pseudomorphosen bildend. Trockene Porzellanerde fühlt sich rauh an und klebt an der Zunge, da sie Wasser aufsaugt, mit viel Wasser wird sie teigartig bildsam; wenn man sie anhaucht, so bemerkt man den eigentümlichen Tongeruch. Die chemische Zusammensetzung $H\,Al\,(Si\,O_4) + H_2\,O$ ist etwas schwankend, indem $H_2\,O$ in wechselnder Menge auftritt.

Die Entstehung der Porzellanerde ist auf die Verwitterung von Silikaten, hauptsächlich von Feldspäten zurückzuführen. Aus dem Orthoklas $K\,Al\,Si_3\,O_8$ kann Kaolin $H\,Al\,(Si\,O_4) + H_2\,O$ entstehen, durch Ersetzung von K durch H und Wegführung von $Si\,O_2$ als lösliches $H_4\,Si\,O_4$. (Kaolinisierung.) Dies wird durch das kohlensäurehaltige Sickerwasser in der Ackererde oder in großem Maßstabe durch heißes Quellwasser bewirkt:

$$2\,K\,Al\,Si_3\,O_8 + H_2\,CO_3 + 8\,H_2\,O = K_2\,CO_3 + 2\,H\,Al\,Si\,O_4 + 4\,H_4\,Si\,O_4$$

Orthoklas Kohlensäure Pottasche Kaolin Kieselsäure.

Vorkommen und Verwendung. Ausbeutungsfähige Lager findet man in Meißen (Meißner Porzellan, zersetzter Pechstein), bei Limoges (Sèvres-Porzellan, zersetzter Gneis), Korea (Chinesischer Porzellan). — Bei Zermatt findet sich eine schwach grüne Varietät in blättrigen, sich fettig anfühlenden Aggregaten = Pyrophyllit. Die reinen Kaolinsorten liefern, mit feinem Feldspatpulver gemengt, das Material für das durchscheinende Porzellangeschirr (echter Porzellan). Die weniger reinen geben, wenn eisenfrei, ebenfalls weißes aber undurchsichtiges Geschirr (Halbporzellan) Fayence, Steingut. Durch Erhitzen entweicht Wasser, wodurch das vorher bildsame Material hart wird.

88. Der Ton ist Porzellanerde, die durch andere Mineralien wie Quarzsand, Kalkpulver, Eisenoxyd u. s. w. verunreinigt ist. Deshalb sind auch seine Eigenschaften und Kennzeichen nicht konstant. Wie Kaolin ist er feucht knetbar und bildsam, trocken aber pulverig und an der Zunge klebend; er ist selten weiß, sondern meist gelb, bräunlich, rot oder grünlich gefärbt. Alle Varietäten geben den Tongeruch. Im Feuer wird der Ton wie Kaolin hart gebrannt, in großer Hitze aber schmilzt er wegen den beigemengten Mineralien.

Die verschiedenen Beimengungen bedingen mehrere Varietäten:

a) Pfeifenton, ziemlich rein, von weißer oder hellgrauer Farbe, dient zu Töpferwaren und wird deshalb vielerorts ausgebeutet.

b) Der Lehm enthält ziemlich viel Sand und meist auch Kalk; er ist durch *Fe* gelb, braun oder graugrün gefärbt und brennt sich immer rötlich. Der Blocklehm enthält kleinere und größere erratische Blöcke eingeschlossen, da er glazialen

---

[1]) Porcélla = Name der Porzellanschnecke. — [2]) auf Kaóli = Korea große Lager bildend.

Ursprungs ist. Der Lehm bildet oft große Lager und liefert das Hauptmaterial zu der Fabrikation von Backsteinen, Ziegelsteinen und gewöhnlichen Töpferwaren (Heimberger Geschirr). Er ist in der ganzen schweizerischen Hochebene verbreitet, so bei Schaffhausen, bei Wiedikon, bei Bonstetten, bei Zug, bei Zollikofen, bei Heimberg, bei Pruntrut und hat da überall große Tonwarenfabriken ins Leben gerufen.

c) Der Bolus ist ein stark eisenschüssiger Ton, der deswegen tief rot gefärbt ist; häufig finden sich in ihm Brauneisensteinkonkretionen (Bohnerz). Am Fuße und in den Tälern des Jura bildet er vielerorts größere Lager, wie bei Aarau, Olten, Oensingen, Delsberg u. s. w. Die Gelberde ist ein durch Eisenhydroxyd ockergelb gefärbter Ton. Bolus und Gelberde werden als Farben benutzt.

d) Der Lößlehm entsteht durch Zersetzung und Entkalkung des Lößes (s. S. 163), er enthält niemals Gerölle, wohl aber etwa Kalkkonkretionen (Lößmännchen). In allen Lößgegenden häufig, in der Schweiz bei Basel, bei Aarau.

e) Die Tertiärtone (s. S. 198) sind im stehenden Wasser abgelagert worden und sind häufig so rein, daß sie als Ziegeltone verwendet werden können: Matt bei Biel, Laufen im Birstal, Neuallschwil im Basselland, Münster im Berner Jura.

7. Zeolithe.

Die Zeolithe sind wasserhaltige Silikate, welche sich durch schöne Kristallbildungen auszeichnen. Sie sind Zersetzungsprodukte anderer primärer Silikate und finden sich dementsprechend meist auf Spalten und Drusen von jungvulkanischen Gesteinen (Phonolith, Basalt, Trachyt) oder auf altkristallinischen Schiefern sekundär auskristallisiert. Beim Erhitzen verlieren sie unter Aufblähen Wasser und schmelzen dann unter Blasenwerfen[1]) zu einem Glase. Von den vielen Arten führen wir nur auf:

89. Den Natrolith $Na_2\ Al_2\ Si_3\ O_{10} + 2\ H_2\ O$; er krystallisiert in rhombischen Prismen und haarförmigen Nadeln, die leicht nach dem Prisma brechen (Fig. 157). Er ist weiß oder durch *Fe* gelb und rot gefärbt. Er findet sich auf Basalt und Phonolith von Teplitz und Aussig, im zersetzten Phonolith vom Hohentwiel, hier in gelblichen radialfaserigen Aggregaten.

Fig. 157. Nathrolith.

90. Der Strahlzeolith oder Desmin $Ca\ Al_2\ Si_6\ O_{16} + 6\ H_2\ O$ bildet gewöhnlich bündel- oder garbenförmige Gruppen von monoklinen Kristallfasern, weiß, selten bräunlich. Insel Staffa, auf dem isländischen Doppelspat von Eskifjord, in der Schweiz bei Niederwald bei Viesch, am Albbrunn im Binnental, im Maggiatal.

91. Der Blätterzeolith oder Heulandit $Ca\ Al_2\ Si_6\ O_{16} + 5\ H_2\ O$ kristallisiert in dünnen, monoklinen Tafeln und Blättchen mit Perlmutterglanz. Farblos oder ziegelrot. Er findet sich im Fassatal und Vazka in Siebenbürgen. In schönen Kristallen am Giebelbach bei Viesch und im Val Giuf am Crispalt.

92. Der Kreuzstein oder Harmotom[2]) $Ba\ Al_2\ Si_6\ O_{16} + 6\ H_2\ O$ bildet Vierlinge, die kreuzförmig angeordnet sind. In Drusen bei Aussig und Přibram in Böhmen auf Erzgängen von Adreasberg und Kongsberg.

Fig. 158. Würfelzeolith.

---

[1]) griech. zéo = ich koche. — [2]) griech. hármos = Fuge, tómos = Teil, nach der Zwillingsfuge spaltbar.

93. Der Würfelzeolith oder Chabasit $Ca\,Al\,Si_6\,O_{16} + 8\,H_2\,O$ findet sich in hexagonalen Rhomboedern, die fast rechtwinklig (94°) sind und oft eine federförmige Streifung zeigen. (Fig. 158.) Böhmisches Mittelgebirge, Vogelgebirge, im Granit von Baveno. Der etwas weniger Wasser enthaltende Laumontit findet sich als weiße, meist zerfallene Kristalle im Tavayannazsandstein.

V. Klasse: Organische Mineralien.

Die Glieder dieser Gruppe werden oft nicht zu den eigentlichen Mineralien gezählt, da ihnen nicht eine bestimmte konstante chemische Zusammensetzung zukommt und ihnen auch die Fähigkeit zu kristallisieren abgeht. Dessen ungeachtet wollen wir diese Stoffe organischen Ursprungs hier aufführen, da sie im Laufe der Zeit auch zu leblosen Bestandteilen der Erdkruste geworden sind. Die Mineralien dieser Gruppe enthalten ihrer Abkunft entsprechend stets C und H oft mit anderen Elementen verbunden. Je nach ihrer Abstammung teilt man die organischen Mineralien in 2 Abteilungen ein, in zoogene[1]) und in phytogene.[2])

a) Zoogene Mineralien.

94. Das Erdwachs (Ozokerit)[3]) findet sich in glänzenden, aromatisch riechenden Stücken, die sich fettig anfühlen und gelb oder braun gefärbt sind. Das Erdwachs ist sehr weich, es läßt sich mit den Fingern kneten und brennt mit leuchtender Flamme. Es entspricht fast genau der Formel $(C\,H_2)\,x$.

Vorkommen. Es findet sich bei Slanik in der Moldau, bei Boryslaw in Galizien, Neukastle in England. In der Moldau macht man Kerzen und Paraffin daraus. Durch Destillation erhält man aus Erdwachs Vaselin.

95. Der Asphalt[4]) (Erdpech, Bitumen)[5]) ist pechschwarz oder bräunlichschwarz und fettglänzend. Er riecht „bituminös", besonders wenn man ein Stück zerbricht, angezündet brennt er mit rußender Flamme und unter Entwicklung eines eigentümlichen Geruchs. Chemisch enthält Asphalt neben wenig O nur H und C.

Vorkommen und Verwendung. Der Asphalt findet sich in Gängen und Spalten von Kalk und Sandstein, so bei Lobsann im Elsaß, bei Limmer in Hannover, dann aber auch in großen Massen auf dem Toten Meer (Judenpech), auf der Insel Trinidad einen Salzsee fast ganz bedeckend. In der Schweiz haben wir das ausbeutbare Lager vom Val de Travers, wo mergelige Kalke innig mit Asphalt gemengt vorkommen. (Neuenburger Asphalt.) Auch bei St. Imier findet sich ein wenig Bitumen. — Der Asphalt ist ein wertvolles, viel verwendetes Mineral. Man benutzt ihn mit Sand zu Asphaltdächern und Straßenpflastern, zu wasserdichtem Kitt beim Beteeren der Schiffe, zu Siegellack und Fackeln, zu Firnissen und zum Asphaltlichtdruck.

---

[1]) griech. zóon — Tier; genáo = ich erzeuge. — [2]) griech. phýton = Pflanze. — [3]) griech. ózo = ich rieche, kéros = Wachs. — [4]) griech. ásphaltos = Erdharz. — [5]) lat. bítumen = Erdharz.

96. Das Petroleum[6]) (Naphtha, Erdöl) (Fig. 159) ist eine eigentümlich riechende Flüssigkeit, die entweder hell und dünnflüssig (Naphtha),[7]) oder gelb und dickflüssig (Steinöl), oder braun bis schwarz und zähflüssig (Bergteer) vorkommt. Das Petroleum brennt leicht mit rußender Flamme und unangenehmem Geruch. An der Luft stehend verdunstet ein Teil, und das übrigbleibende wird durch Aufnahme von O asphaltartig. Chemisch ist Petrol ein Gemenge von Kohlenwasserstoffen der Reihe CH_4, C_2H_6 u. s. w.

Fig. 159. Erdölspringquelle von Baku.

Vorkommen. Die Hauptquellen für den Petroleumkonsum finden sich in Pennsylvanien in Nordamerika u. in Baku am Kaspischen Meer, woselbst früher die Feueranbeter ihre ewigen Feuer hatten. An beiden Orten sind in weitem Umkreis unter mehr oder weniger dicken Gesteinsschichten ungemein große Mengen Petrol vorhanden, denen durch Bohrungen der Weg nach oben frei gemacht wird. Die durch den Gebirgsdruck stark gepreßte Flüssigkeit kommt dann mit großer Heftigkeit aus den neu erstellten Löchern heraus (Petrolspringbrunnen). (Fig. 159.) Man findet auch Petrol in Deutschland auf der Lüneburger Heide (ausgebeutet), bei Oelheim (Hannover) und Bechelbronn im Elsaß, ebenso bei Boryslaw in Galizien mit Ozokerit. Neue Petrolvorräte sind erschlossen worden in Rumänien, auf Java, Sumatra und in Mexiko. Auch in der Schweiz hat man Spuren von Petrol gefunden bei Travers mit Asphalt und bei Bex.

Verwendung. Das Petrol des Handels ist nur ein Teil des natürlichen Petrols. Dieses kommt als schwarzbraune Flüssigkeit aus den Quellen hervor und ist ungemein leicht entzündlich. Die leichtflüchtigen Bestandteile werden durch Erwärmen abgeschieden und dienen als Leuchtgas oder Heizgas (Pittsburg). Bei stärkerem Erwärmen destilliert eine ebenfalls noch leicht entzündliche Flüssigkeit Petroläther oder Gasolin, über, die als Lösungsmittel für Fett und in der neuester Zeit als Beleuchtungsmittel (Aërogengas) benutzt wird. Bei weiterem Erhitzen erhält man das Benzin das als Reinigungsmittel (Fleckwasser) und als treibende

[6]) lat. pétra = Fels, óleum = Öl. — [7]) griech. náphtha = Bergöl.

Kraft (Naphthaboote, Benzinmotore) benutzt wird. Dann erhält man das Ligroin, die letzte Fraktion, die noch ohne Docht brennt und dabei ein helles Licht verbreitet (Beleuchtungsmaterial, Vorsicht). Erst jetzt zwischen 150°—300° geht das eigentliche raffinierte Petrol über, das einen Entzündungspunkt von über 21° haben soll; dessen Verwendung zur Beleuchtung, Heizung (Petrolkochherde), zum Töten von Insekten (Maulwurfsgrille), ist allbekannt.

Die noch bleibenden Rückstände liefern den sogenannten Masut, der als dickes, braunes Öl zur Heizung der Lokomotiven und Dampfschiffe Südrußlands dient, häufig werden daraus noch dargestellt vorzügliche Schmieröle (Baku), die nicht verharzen, Vaselin, ein vortreffliches, indifferentes Salbenmittel und Paraffin (Pennsylvanien), das zu Kerzen u. bei elektrischen Apparaten benutzt wird.

Entstehung: Bis vor kurzem war man der Ansicht, daß das Petrol das natürliche Destillationsprodukt von pflanzlichen Überresten (Steinkohlen) sei, da man häufig (Pennsylvanien u. a.) im gleichen Gebiet auch Steinkohlen gefunden hat. Durch die Versuche von Engler, der bei der trockenen Destillation von Tran unter Druck künstlich Petrol mit allen seinen Bestandteilen herstellte, und durch die Forschungen von Ochsenius über die speziellen Lagerstätten, ist es wahrscheinlich geworden, daß das Petrol aus dem Fett von vorweltlichen Seetieren und Pflanzen unter dem Einfluß der Erdwärme und des Gebirgsdruckes hervorgegangen sei. Wegen des gleichzeitigen Vorkommens von Asphalt und Erdwachs mit dem Petrol, sind auch diese beiden Stoffe auf gleichen Ursprung zurückzuführen. (Faulschlamm, Leichenwachs).

b) Phytogene Mineralien.

97. Der Bernstein (Succinit)[1]) (Fig. 160) kommt in eckigen und rundlichen Stücken und Körnern, die oft wie geflossen erscheinen, vor. Er ist von gelber bis brauner Farbe. Die schönen Stücke sind durchsichtig bis durchscheinend, die andern aber sind durch Einschlüsse und Bläschen milchig getrübt. Der Bruch ist muschelig. Härte 2—2·5, Gewicht 1. Durch reiben wird er stark elektrisch, daher der Name Elektrizität (Bernstein, griech. = élektron). Angezündet brennt er mit rauchender heller Flamme und aromatischem Geruch (Brennstein). Er besteht aus *C*, *H* und *O*.

Fig. 160. Bernstein.

Entstehung. Der Bernstein ist das vorweltliche Harz der Bernsteinfichte aus der Tertiärzeit. Oft findet man in ihm wohlerhaltene Reste von Nadeln, Rinde und Blüten dieses, unserer Fichte nahe verwandten, Baumes eingeschlossen. Auch Insekten (Mücken, Käfer) jener Zeit sind oft darin konserviert worden.

Vorkommen. Die Hauptfundstelle für dieses wertvolle Harz ist die Ostseeküste zwischen Danzig und Memel, wo der Bernstein durch Abgraben der Ufer oder Aufwühlen des Meeresgrundes gewonnen wird (Bernsteinfischerei). Sonst findet man ihn auch in kleineren Stücken bei Lemberg in Galizien und bei Catania in Sizilien, und oft in Braunkohlenlagern.

Verwendung. Die größeren durchsichtigen Stücke (größtes 6 *kg*) werden zu Schmucksachen: Ohrgehänge, Brochen, Tabak- und Pfeifenspitzen verwendet, die undurchsichtigen als Räucherpulver und zu Lackfirnis.

---

[1]) lat. súccinum = Bernstein.

SCHWEIZER MINERALIEN

1. Asbest aus dem Grieserntal

2. Gips von Bex

3. Rubin vom Campo lungo

4. Cyanit (blau) und Staurolith (braun) von Faido

5. Adular, links mit Chlorit-Überzug, vom Urserental

6. Apatit von der Sella

Die Steinkohlen rühren von vorweltlichen Pflanzen her. Je älter die Pflanzenreste sind, umsomehr *C* und umso weniger *H* und *O* enthalten die Kohlen. Das geht klar aus nachstehender Tabelle hervor.

Stufenreihe des Verkohlungsprozesses.

Geologisches Alter.	Material.	% *C*	% *H*	% *O*
Jetztzeit:	trockenes Holz	53	6	41
Diluvium:	Torf (Katzensee bei Örlikon)	57	6	37
	Schieferkohle (Utznach)	65	6	29
Tertiärzeit:	Braunkohle (Köln)	67	6	27
	Braunkohle (Käpfnach)	72	5	23
Carbonzeit:	Steinkohle (Saarbrücken)	82	4	14
	Steinkohle (Eschweiler)	89	4	7
Silurzeit:	Anthrazit (Wallis)	94	3	3
Archäisch:	Graphit (Ceylon)	100	—	—

Die Bildung der großen Steinkohlenlager erklärt man sich in zweierlei Weise. Entweder sind die Pflanzen an demselben Orte gewachsen, wo jetzt das Kohlenlager ist, oder sie sind erst später an diese Stelle gelangt. Im ersteren Falle muß man von einer torfartigen Anhäufung von abgestorbenen Pflanzenresten ausgehen. Dieselben wurden zunächst von Wasser und später von darüber geschwemmtem Schlamm bedeckt und so dem Verkohlungsprozeß unterworfen. Dieser besteht darin, daß in den, der direkten, oxydierenden Wirkung und damit der Fäulnis entzogenen Pflanzenteilen, chemische Umsetzungen vor sich gehen, durch welche *H* und *O* mehr und mehr ausgeschieden und dadurch *C* angereichert wird (s. Tabelle). Diese Entstehungsweise muß wohl für die meisten Kohlenlager in Anspruch genommen werden, bei Senftenberg in Preußen z. B. hat man die Wurzelstöcke der Sumpfzypressen noch in ihrer natürlichen Lage ausgegraben. Die so entstandenen (autochthonen)[1]) Kohlen weisen einen großen Aschengehalt auf. — Im zweiten Falle wurden von Strömen aus waldreichen Gebieten Holzmassen in einen See oder ein Meer geschwemmt und durch Wasser und Schlammbedeckung der Verkohlung unterworfen. So geschah es früher auch beim Mississippi, so daß jetzt in seinem Delta häufig von der Zersetzung herrührende Gase, die bei ihrem Hervorbrechen kleine Schlammvulkane erzeugen, auftreten. Diese Kohlen enthalten wenig Asche, ihre Lager sind aber, der Entstehung entsprechend, gewöhnlich nicht mächtig, hingegen wiederholen sie sich häufig übereinander. (Allochthone Bildung).[2])

98. Der Torf ist eine sich jetzt noch bildende, locker faserige, oft fast erdige Masse, entstanden aus den Sumpfpflanzen in den Torfmooren. Er hat einen Gehalt von 55—65% *C* und ist in den besseren Qualitäten ein vorzügliches Brennmaterial. Man findet im Torf auch

[1]) griech. áutos = selbst, chthon = Erde, Land. [2]) griech. állos = anderer.

hineingefallene Baumstämme und hie und da eine eigentümliche schwarze, homogene Substanz, die Dopplerit genannt wird.

Vorkommen. Die Torfmoore sind eine typische Erscheinung der zur Eiszeit vergletscherten Landstriche. So findet man viele in Baiern, in Norddeutschland, in Irland (Hochmoore). In der Schweiz zählt man etwa 250 Torflager, einige der größeren sind diejenigen von Robenhausen, Wallisellen, Bonstetten, Rotenturm, Wauwyl bei Sursee, Ins im Großmoos, Belp bei Bern. — Verwendet wird der Torf als Brennmaterial und als Streue.

99. Die Braunkohle ist braun bis schwarz gefärbt und bildet feste Lager und Bänke im Gestein. Sie enthält 65—75 % *C* und brennt leicht mit rußender Flamme. Sie rührt meist aus der Tertiärzeit her und läßt oft noch die Pflanzenreste, die sie zusammensetzen, deutlich erkennen. Die verschiedenen Braunkohlen-Varietäten sind: holzartige Braunkohle (Lignit)[1], dichte Braunkohle, erdige Braunkohle (Moorkohle), blättrige Braunkohle (Papierkohle).

Vorkommen. Die Braunkohle bildet nicht gerade sehr mächtige (bei Bilin 25 *m*), aber weit ausgedehnte Lager, so in der Tertiär-Mulde von Böhmen bei Dux und Bilin, in der Rheinprovinz, in Baiern bei Miesbach. Von den vielen kleinen, fast wertlosen Lagern von Braunkohle in der Schweiz macht Käpfnach am Zürichsee eine Ausnahme, indem es die Ausbeute noch lohnt (bis 1910), weil damit zugleich noch Zementstein gebrochen werden kann. Ferner findet man die Braunkohle bei Lausanne,[2] bei Boltigen im Simmental im braunen Jura (beiderorts früher ausgebeutet), bei Schännis Kanton St. Gallen.

Verwendung. Die Braunkohlen sind ein vorzügliches Brennmaterial, wenn sie sich auch nicht mit den Steinkohlen messen können. Eine schwarze, dichte, ziemlich harte Varietät der Braunkohle, Gagat[3]) oder Jet genannt, wird zu Schmucksachen und Knöpfen verarbeitet. Durch trockene Destillation der Braunkohle erhält man der Reihe nach folgende Produkte:

1. Photogen, eine leicht entzündbare Flüssigkeit.
2. Solaröl, deutsches Petrol, ein dem Petrol ebenbürtiger Leuchtstoff.
3. Paraffin[4]), ein vortreffliches Kerzenmaterial.

Die „Schieferkohle" genannte Abart der Braunkohle ist, weil aus der Diluvialzeit stammend, noch nicht so weit durch den Verkohlungsprozeß verändert, sie hat hellbraune bis dunkelbraune Farbe und zeigt meistens schieferige Beschaffenheit. Sie findet sich in Utznach am obern Zürichsee (hier bis 1911 ausgebeutet), in Dürnten und in Wetzikon (gänzlich ausgebeutet).

100. Die Schwarzkohle (eigentliche Steinkohle) mit 80—90 % *C* ist weitaus die wichtigste fossile Kohlenart. Sie stammt aus der Carbonzeit, ist meist ganz dicht und homogen und zeigt selten mehr die ursprüngliche Pflanzenstruktur. Die Steinkohle ist stets rein schwarz gefärbt, oft mit bunten Anlauffarben auf den Kluftflächen. Sie enthält hie und da (wie auch die Braunkohle) Eisenkies in kleinen Kriställchen eingesprengt, welche ihren Wert beeinträchtigen.

---

[1]) lat. lígnum = Holz. — [2]) Mit prächtigen Pflanzenabdrücken aus der Miocaenzeit. — [3]) Fundort Gágas = Stadt in Lycien (Kleinasien). — [4]) lat. párum affínis = wenig verwandt (chemisch wenig reaktionsfähig).

Der Kohlengehalt schwankt zwischen 80 und 90%: Man unterscheidet viele Abarten wie:

1. Würfelkohle (auch Schieferkohle genannt). Sie ist die häufigste Varietät, bricht leicht in würfelige Stücke und glänzt stark.
2. Grobkohle aus körnigen, fest verbackenen Stücken bestehend, mit wenig Glanz.
3. Cannelkohle ist matt grau-schwarz und liefert viel und vorzügliches Gas.
4. Rußkohle erdig, zerreibbar, abfärbend.

Vorkommen. Die Steinkohlen bilden in vielen Ländern einen schönen Teil des Nationalreichtums derselben, so in Deutschland, in England, in Belgien, in Frankreich. Große Lager besitzen auch Amerika und China. Die Steinkohlen werden in ausgedehnten Bergwerken ausgebeutet (Fig. 161). Die Schweiz hat leider gar keine Kohlenlager, und die wiederholten Bohrungen im Kanton Aargau hatten

Fig. 161. Im Kohlenbergwerk.

stets negativen Erfolg. Deswegen sind wir auf unsere Nachbarländer angewiesen. Wir beziehen namentlich: belgische Würfelkohle, Ruhrkohle aus Westphalen, Saarbrückner Kohle, und die Westschweiz erhält von St. Etienne bei Lyon ihren Bedarf. Wegen des großen Kohlenverbrauchs (Eisenbahn, Industrie und Leuchtgas) sind wir dem Auslande in hohem Maße tributär. (Im Jahre 1900 wurden für 70 Mill. Fr. Kohlen eingeführt).

Verwendung. Die Steinkohle ist das vorzüglichste Brennmaterial für Öfen, Lokomotiven und Dampfkessel. Ferner erhält man durch trockene Destillation daraus das, fast in allen größeren Städten verwendete, Leuchtgas und als Nebenprodukte den kohlenstoffreichen Koks, den Ammoniak und den Teer, aus dem wieder eine Unzahl chemischer Produkte gewonnen werden wie: Anilinfarben, Carbolsäure, Salicilsäure u. s. w. Inbezug auf diese Verwendung unterscheidet man in der Praxis fette Kohlen (liefern viel starkleuchtendes Gas und wenig Koks) wie Cannelkohle und magere Kohlen (liefern weniger Gas und viel Koks) wie Saarbrückner Kohle.

Man hat berechnet, daß, wenn der Steinkohlenverbrauch in gleichem Maße wie gegenwärtig sich steigern würde, die Steinkohlenvorräte etwa in 1000 Jahren erschöpft sein müßten. (Belgien in 800 Jahren, Oberschlesien in 1500 Jahren.) — Die Zeit zur Bildung von 1 m Steinkohle schätzt man auf 3000—6000 Jahre.

101. Der Anthrazit[1]) ist die älteste Kohlenart und gehört meist dem Silur oder Devon an. Er ist rein schwarz, oft bunt angelaufen und läßt keine Pflanzenstruktur erkennen. Von allen Kohlenarten hat er den größten Gehalt an *C*, nämlich ca. 95 %. Obgleich schwer entzündlich, liefert er bei der Verbrennung doch größere Hitze als Steinkohle (Anthrazitöfen).

Vorkommen und Verwendung. Der Anthrazit bildet große Lager in England (Süd-Wales), in Pennsylvanien, in den französischen Alpen. Auch die Schweiz hat einige, aber leider nur ganz kleine Lager im Carbon des Wallis bei Champery, bei Salvan, bei Granges und unter der Dent du Morcles, hier mit schönen Abdrücken von Carbonpflanzen.

VI. Tabellen zur Mineralbestimmung.

In den nachfolgenden 15 Tabellen sind die Mineralien nach Art der Bestimmungsbücher von Weisbach und von Fuchs-Brauns zusammengestellt; es wurden neben den Schweizermineralien nur die wichtigeren ausländischen berücksichtigt, dafür aber, wenn sie in Glanz, Farbe oder Strich schwankend waren, an 2 oder 3 Orten aufgeführt. Die Haupteinteilung ist vorgedruckt und sollte vom Anfänger stets zuerst benutzt werden. Dadurch, daß die Härte, welche als ordnendes Bestimmungsmerkmal benutzt wurde, meist in zwei Grenzwerten angegeben ist, wurde der Zusammenhang ähnlicher Mineralien zu gemeinsamen Gruppen erleichtert, was die Bestimmung sehr vereinfacht.

Es wird in den meisten Fällen möglich sein, das fragliche Mineral mit den Merkmalen der ersten paar Kolonnen (Härte, Kristallform, Spaltung, Glanz und Farbe) eindeutig zu bestimmen, so daß die übrigen Angaben (Vorkommen und Begleiter, chemisches Verhalten, Bemerkungen) mehr zur Befestigung des gewonnenen Resultats dienen werden, zugleich wird dadurch auch, ähnlich wie bei der Pflanzenbestimmung, das erhaltene Bild der Spezies vervollständigt.

Zur Erleichterung für den Anfänger sind die wichtigeren Mineralien durch größeren Druck hervorgehoben. Zudem sind die bekannteren Familien in Gruppen zusammengefaßt wie Karbonatspate, Feldspäte, Augite, Zeolithe.

---

[1]) griech. ánthrax = Glutkohle.

Einteilung.

Abkürzungen.

tess. = tesseral.
tetr. = tetragonal.
rh. = rhombisch.
mkl. = monoklin.
trkl. = triklin.
hex. = hexagonal.
rhomboedr. = rhomboedrisch.
rhombendod. = rhombendodekaedrisch.
okt. = oktaedrisch.
pyram = pyramidal.
Kr. = Kristall.
kr. = kristallinisch.
verz. = verzerrt.
v. d. L. = vor dem Lötrohr.
a. d. K. = auf der Kohle.
S-Reakt. = Schwefelreaktion
z. T. = zum Teil.
Richt. = Richtung.
perlm. = perlmutterartig.
metallis. = metallisierend
Aggreg. = Aggregate.
magn. = magnetisch.
Min. = Mineral.
lösl. = löslich.
verw. = verwittert.
Verwitterungspr. = Verwitterungsprodukt.
auffall. = auffallend.

I. 1. Metallisch glänzend, rot.

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Kupfer	Cu	$2^1/_2$—3	tess. Oktaeder u. Hexaeder meist verzerrt	—	zackig
Buntkupferkies (Bornit)	$Cu_3 Fe S_3$	3—$3^1/_2$	tess. Oktaeder Kr. selten	—	muschlig
Kupfernickel (Rotnickelkies)	Ni As	5—$5^1/_2$	hex. Pyramide Kr. selten	—	uneben

I. 2. Metallisch glänzend, gelb.

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Gold	Au	$2^1/_2$—3	tess. Oktaeder u. Hexaeder Kr. verzerrt	—	zackig
Buntkupferkies (Bornit)	$Cu_3 Fe S_3$	3—$3^1/_2$	tess. Oktaeder Kr. selten	—	muschlig
Nickelkies (Haarkies)	Ni S	$3^1/_2$—4	hex. haarförmig nadelförmig	—	faserig
Kupferkies (Chalkopyrit)	$Cu Fe S_2$	$3^1/_2$—4	tetr. pyramid. sphenoidisch	undeutlich	uneben
Magnetkies (Magnetopyrit)	$Fe_{11} S_{12}$	$3^1/_2$—$4^1/_2$	hex. taflig Kr. selten	gut nach 3 Richtungen (Prisma)	schalig
Arsenkies (Mißpickel)	Fe As S	$5^1/_2$—6	rh. Prisma mit Doma	nicht gut in 2 Richtungen	etwas uneben
Speerkies (Markasit)	$Fe S_2$	6—$6^1/_2$	rh. spießig säulig	nicht gut nach 2 Richtungen (Prisma)	faserig
Eisenkies (Pyrit)	$Fe S_2$	6—$6^1/_2$	tess. Hexaeder Pentagon-dodekaeder	—	muschlig

Härte 2—6.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
kupferrot	rot	8,8	oft braunschwarz angelaufen	auf Erzgängen mit Malachit u. Azurit	in HNO_3 mit blauer Farbe löslich, dazu NH_3 = azurblau
kupferrot bis bronzegelb, meist blau angelaufen	schwarz	5	auf frischem Bruche gelb	auf Erzgängen mit Kupferkies und Malachit	v. d. L. graues Korn, das magnetisch ist, mit HCl = blaugrüne Flammenfärbung
licht kupferrot	bräunlichschwarz	7,5	oft grüner Anflug	dichte Massen mit Nickelblüte, Schwerspat und Bleiglanz	v. d. L. schmelzbar, As-Geruch u. rote Ni-Perle

Härte 2—6½.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
goldgelb	gelb	19,5	meist in Plättchen	im Urgestein mit Goldquarz und im Flußsand	nur im Königswasser löslich
bronzegelb bis kupferrot, blau angelaufen	schwarz	5	auf frischem Bruche gelb	auf Erzgängen mit Kupferkies und Malachit	v. d. L. graues Korn das magnetisch ist, mit HCl = blaugrüne Flammenfärbung
messinggelb bis speisgelb	schwarz	5,3	oft gedrehte, faserige Kriställchen	auf Erzgängen mit Eisenspat und Fluorit	mit Soda: S-Reakt., in HNO_3 mit grüner Farbe löslich
messinggelb, etwa bunt angelaufen	grünlich schwarz	4,2	Kristalle selten schön	derbe Massen mit Malachit und Eisenspat	zerspringt beim Erhitzen, mit HCl blaugrüne Flamme
bronzegelb, meist braun angelaufen	grauschwarz	4,5	magnetisch wenn angewittert, deswegen Kr. nicht magnetisch	meist derb mit Pyrit, Kupferkies und Bleiglanz	leicht schmelzbar, liefert magn. Korn, in HCl lösl. unter H_2S Entwicklung
frisch weiß, aber meist schwach gelblich	grau schwarz	6,1	Kr. auf dem Doma oft gestreift	Kr. mit anderen Erzen: Zinkblende, Bleiglanz	v. d. L. As-Geruch u. schmelzend
speisgelb	schwarz	4,8	verwittert leicht und wird pulverig	in strahligen Aggregaten mit Bleiglanz und Zinkblende	schmilzt v. d. L. u. gibt SO_2; in HNO_3 lösl. unter Abscheidung von S
speisgelb	grauschwarz	5	häufig braun überzogen von Brauneisenerz	Kr. u. Aggregate in Sedimenten und in Gängen häufig	wie Speerkies; aber am Stahl Funken

I. 3. Metallisch glänzend, weiß bis schwach grau.

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Quecksilber	Hg	flüssig	tess. bei —39°	—	—
Wismut	Bi	2—2½	hex. rhomboedr. Kr. selten	sehr gut nach 4 Richtungen (Rhomboeder u. Basis)	eben
Silber	Ag	2½	tess. Hexaeder Kr. selten	—	zackig
Bleiglanz (Galenit)	Pb S	2½—3	tess. Hexaeder u. Oktaeder	sehr gut nach 3 Richtungen (Hexaeder)	eben
Antimon	Sb	3—3½	hex. rhomboedr. Kr. selten	sehr gut nach 4 Richtungen (Rhomboeder u. Basis)	eben
Arsen (Scherbenkobalt)	As	3—4	hex. rhomboedr. Kr. selten	sehr gut nach 4 Richtungen (Rhomboeder u. Basis)	eben
Platin	Pt	4—4½	tess. Hexaeder Kr. selten	—	zackig
Weißnickelkies (Chloanthit)	$Ni\,As_2$ (mit Co u. Fe)	5—5½	tess. Hexaeder Kr. selten	—	uneben
Speiskobalt (Smaltit)	$Co\,As_2$ (mit Ni u. Fe)	5—5½	tess. Hexaeder Kr. selten	—	uneben
Glanzkobalt (Kobaltit)	Co As S	5½	tess. Hexaeder, Pentagondodekaeder	gut nach 3 Richtungen (Hexaeder)	eben
Arsenkies (Mißpickel)	Fe As S	5½—6	rh. Prisma mit Doma, oft nadlig	nicht gut nach 2 Richtungen (Prisma)	eben

Härte 1—6.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
zinnweiß	—	13,6	einzig flüssiges Metall	Tröpfchen im Gestein mit Zinnober	v. d. L. flüchtig
schwach rötlichgelb, oft bunt angelaufen	hellgrau glänzend	9,7	meist blättrig od. moosartig	eingewachsen und federförmig mit Schwerspat	a. d. K. leicht schmelzbar, gelber Beschlag, in HNO_3 löslich
silberweiß, meist gelb oder braun angelaufen	weiß glänzend	11	Kr., meist verz., moosart. Formen	in Gängen mit Silbererzen	in HNO_3 lösl., dazu HCl fällt Ag Cl
weiß auf frisch. Bruch, sonst bleigrau	dunkelgrau	7,5	auf Spaltflächen stark glänzend	Kr. Aggregate mit Zinkblende, Pyrit, Arsenkies	v. d. L. schmelzbar mit Soda: S-Reakt. u. Pb-Korn
weiß, mit Stich ins Bläuliche	grauweiß	6,7	Kr. selten und klein, meist in Körnern	in Gängen mit Antimonglanz u. Speiskobalt	a. d. K. leicht schmelzbar, weißer Rauch u. Beschlag, Flamme fahlblau
weiß auf frisch. Bruch, sonst grau bis schwarz	grauschwarz	5,7	Kr. selten u. klein, meist schalig = Scherbenkobalt	in schaligen Formen mit Bleiglanz und Speiskobalt	v. d. L. flüchtig mit Knoblauchgeruch, Flamme fahlblau
zinnweiß bis grau	weiß glänzend	14—19	wenn Fe haltig, magnetisch	in Körnern u. Plättchen im Sande	nur in Königswasser löslich
zinnweiß, grau anlaufend	grau	6,5	meist mit grüner Nickelblüte	dicht oder federförmig, mit Schwerspat u. Fluorit	v. d. L. mit As-Geruch schmelzend rote Ni-Perle
zinnweiß bis hellgrau	grau	6,5	meist mit rötlicher Cobaltblüte	wie Weißnickelkies	a. d. L. mit As-Geruch schmelzend, blaue Co-Perle
rötlich-weiß	grauschwarz	6,2	meist rötlichgrau angelaufen, oft gute Kristalle	Kr. in Gneis mit Kupferkies u. Magnetit	v. d. L. mit As-Geruch, a. d. K. S-Reakt., blaue Co-Perle
silberweiß, aber meist gelblich angelaufen	grauschwarz	6,1	Kr. auf dem Doma oft gestreift	Kr. in Gneis mit Zinnstein u. Bleiglanz	v. d. L. mit As-Geruch schmelzend, das erhaltene Korn gibt mit HCl = H_2S

I. 4. Metallisch glänzend, grau bis schwarz.

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Graphit (Reißblei)	C	1	hex. blätterig, schuppig	sehr gut nach 1 Richtung (Basis)	eben
Molybdänglanz (Wasserblei)	MoS_2	$1-1^1/_2$	hex. schuppig	sehr gut in 1 Richtung (Basis)	blätterig
Braunstein (Pyrolusit)	MnO_2	$2-2^1/_2$ oft härter	rh. prismatisch, nadelig	—	faserig, pulverig
Antimonglanz (Grauspießglanz)	Sb_2S_3	$2-2^1/_2$	rh. spießig, nadlig	sehr gut nach 1 Richtung (Längsfläche)	faserig
Silberglanz (Argentit)	Ag_2S	$2^1/_2-3$	tess. Hexaeder u. Oktaeder	—	uneben
Bleiglanz (Galenit)	PbS	$2^1/_2-3$	tess. Hexaeder u. Oktaeder	sehr gut nach 3 Richtungen (Hexaeder)	eben
Kupferglanz (Chalkosin)	Cu_2S	$2^1/_2-3$	rh. taflig	—	blätterig
Rotgiltigerz (Pyrargyrit)	Ag_3SbS_3	$2^1/_2-3$	hex. rhomboedr., säulig	—	muschlig
Fahlerz (Tetraëdrit)	$Cu_8(SbAs)_2S_7$ mit Ag od. Zn	3—4	tess. Tetraeder	—	uneben
Arsen (Scherbenkobalt)	As	$3^1/_2-4$	hex. rhomboedr., schalig Kr. selten	sehr gut nach 4 Richtungen	eben
Manganit	$Mn_2O_3.H_2O$	4	rh. nadlig, säulig, gestreifte Prismen	gut nach einer Richtung (Längsfläche)	eben faserig
Magneteisenerz (Magnetit)	Fe_3O_4	$5^1/_2-6$	tess. Oktaeder Rhombendod.	—	muschlig
Chromeisenerz Chromit	$FeCr_2O_4$	$5^1/_2-6$	tess. Oktaeder	—	uneben
Eisenglanz	Fe_2O_3	$5^1/_2-6$	hex. taflig, blätterig oder amorph	—	muschlig

Härte 1—6½.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
eisenschwarz	schwarz glänzend	1,9—2,3	fettig anzufühlen, färbt ab	schuppig bis dicht im Gneis u. krist. Schiefer	v. d. L. unschmelzbar, verbrennt nicht
rötlich-bleigrau	bleigrau glänzend	4,7	fettig anzufühlen	mit Zinnerz, Pyrit, Arsenkies und Zinkblende	v. d. L. unschmelzbar, a. d. K. weißer Beschlag, S-Reakt.
dunkel stahlgrau	schwarz, matt	4,8	häuf. abfärb., Kr. selten	verworrene Aggreg. mit Baryt, nicht Pyrit	mit HCl = Cl, violette Mn-Perle
bleigrau, oft bunt angelaufen	grauschwarz	4,5	Kr. häufig, Prismafläche oft gestreift	strahlige Aggreg. mit Antimonocker und Pyrit	a. d. K. weißer Beschlag und schmelzend, S-Reakt.
schwärzlich, bleigrau	dunkel grau, glänzend	7,2	oft braun od. schwarz angelaufen	Kr. auf Erzgängen, sonst derb mit Bleiglanz u. Blende	v. d. L. schmelzbar mit Soda: S-Reakt. u. Ag-Korn
bleigrau	dunkelgrau	7,5	auf Spaltflächen stark glänzend	Kr. Aggregate mit Blende, Pyrit, Arsenkies u. Fluorit	v. d. L. schmelzbar, mit Soda: S-Reakt. u. Pb Korn u. Beschlag
dunkelgrau	dunkelgrau, glänzend	5,6	oft stahlblau angelaufen	Kr. u. derb, mit Kupferkies u. Malachit	v. d. L. schmelzbar mit Soda: S-Reakt. u. Cu-Korn
rötlich bleigrau	kirschrot	5,8	Glanz halbmetall., durchscheinend rot	derb u. kr. mit Eisenspat, Fahlerz, Kupferkies	mit Soda: S-Reakt., Sb-Rauch u. Ag-Korn
stahlgrau bis eisenschwarz	schwarz	4,7	etwa rötl. angelaufen	Kr. mit Kupferkies, Bleiglanz u. Giltigerz	mit Soda: S-Reakt., As-Geruch od. Sb-Rauch, mit HCl Flamme blau
graulich-schwarz, auf dem Bruche weiß	graulichschwarz	5,7	Kr. selten u. klein	in Aggr. mit Giltigerz und Fluorit	v. d. L. Knoblauchgeruch
dunkel stahlgrau	rötl.-braun bis schwarz	4,3	oft weicher durch Zersetzung	strahlige Aggr. mit Braunstein, Limonit u. Baryt, nicht Pyrit	mit HCl = Cl, violette Mn-Perle
eisenschwarz	grauschwarz	5,1	durch Verwitterung magnetisch	Kr. in Chloritschiefer u. Serpentin mit Blende	in HCl. löslich, Fe-Perle grünlich
eisenschwarz, bräunlichschwarz	braun	4,5	fettartiger Metallglanz	Kr. in Serpentin m. Olivin u. Broncit	nach dem Glühen magnetisch, grüne Cr-Perle
stahlgrau bis eisenschwarz, oft bunt angelaufen	braunrot bis kirschrot	5,1	oft faserig od. nierig, dann weniger hart	Kr. auf derbem Roteisenstein und mit Quarz auf Gneis	in HCl löslich, grünliche Eisenperle

II. 1. Halbmetallisch- oder gemeinglänzend,

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch	Glanz
Asphalt	C, H, O	1—2	amorph	—	muschlig	fettartig
Braunstein (Pyrolusit)	$Mn O_2$	2—2½ oft härter	rh. prismatisch, nadelig	—	faserig, pulverig	metallis.
Steinkohle	C, H, O	2—2½	amorph	—	muschlig	fettartig bis glasartig
Anthracit (Kohlenblende)	C, H, O	2½—3	amorph	—	muschlig, körnig	metallis., glasartig
Zinkblende (Blende)	Zn S (Fe haltig)	3½—4	tess. Oktaeder, Rhombendod. oft Zwillinge	sehr gut nach 6 Richtungen (Rhomben-dodekaeder	eben	glasartig, diamant-artig
Hartmanganerz (Psilomelan)	$Ba Mn_4 O_9 H_2 O$ $K_2 Mn_4 O_9 H_2 O$	5—6	dicht	—	muschlig, faserig	halb-metallisch
Magnet-eisenerz (Magnetit)	$Fe_3 O_4$ (Ti haltig)	5½—6	tess. Oktaeder Rhombendod.	—	muschlig	me-tallisier., gemein

II. 2. Halbmetallisch- oder gemeinglänzend,

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch	Glanz
Bol (roter Ton)	$H Al Si O_4 + H_2 O$ ($Fe_2 O_3$ haltig)	1—2*)	amorph	—	pulverig	fettartig, matt
Zinnober (Cinnabarit)	Hg S	2—2½	hex. taflig, körnig, Kr. selten	gut nach 3 Richtungen (Prisma)	eben	diamant-artig oder matt
Rotgiltigerz (Pyrargyrit)	$Ag_3 Sb S_3$	2½—3	hex. rhom-boedr., säulig	—	muschlig	halbme-tall. dia-mantartig
Rotkupfererz (Cuprit)	$Cu_2 O$	3½—4	tess. Oktaeder, Rhombendod.	gut nach 4 Richtungen (Oktaeder)	eben	halbme-tall. dia-mantartig
Roteisenerz (Hämatit)	$Fe_2 O_3$	3½—6	hex. taflig od. amorph	—	muschlig	halb-metall. bis gemein
Eisenkiesel	$Si O_2$ (Fe haltig)	6½—7	hex. pyra-midal, säulig	—	muschlig	gemein

mit schwarzem oder dunkelgrauem Striche. Härte 1—6.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
pechschwarz	bräunlich-schwarz	1,1	riechend, klebrig	in Sandstein Mergel u. Kalk	schmilzt leicht, verbrennt rußend
dunk.stahlgrau	schwarz, matt	4,8	häufig abfärbend, Kr. selten	Aggr. u. dicht mit Baryt, nicht m. Pyrit	mit HCl = Cl, violette Mn-Perle
schwarz	graulich-schwarz	1,2—1,5	oft bunt angelaufen	in großen Lagern, darin etwa Pyrit	verbrennt mit rußender Flamme
schwarz	schwarz	1,4—1,7	etwa bunt angelaufen	in Lagern, enthält etwa Pyrit	brennt nicht mit Flamme
schwarz	bräunlich-schwarz	4,1	durch Fe gefärbt, Schwarzblende	Kr. in Dolomit mit Arsenkies, Magnetit	verknistert v. d. L. mit Soda: S-Reakt., mit HCl = H_2S
schwarz, dunk.-grau	schwarz bis braun	3,7—4,7	oft nierenförmig, stalaktitisch	mit Braunstein, Limonit u. Baryt	mit HCl = Cl, Perle violett
schwarz	schwarz	4,9—5,2	durch Verwitter. magnetisch	Kr. auf derbem Magnetit mit Quarz Rutil u. Feldspat	in HCl löslich, gelbgrüne Fe-Perle

mit rotem Striche. Härte 1—7.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
tiefrot, braunrot	bräunlich-rot	2,5	*)oft härter, wenn viel Fe_2O_3 da	mit Bohnerz und Roteisenerz	wenn viel Fe da, schmelzbar, Fe-Perle
cochenillerot*) oder dunkler	scharlach-rot	8,1	*) oft mit viel Bitumen, dann braunschwarz	meist derb, mit Hg-Kügelchen	v. d. L. flüchtig, mit Soda im Kölbchen = Hg
rötlich-bleigrau	kirschrot	5,8	durchscheinend	kr. und derb mit Eisenspat, Fahlerz, Arsenkies	gibt Sb-Rauch, mit Soda: S-Reakt. u. Ag
cochenillerot, fast bleigrau	bräunlich-rot	5,8	häufig von Malachit überrindet	mit Limonit, Malachit und gedieg. Cu	a. K. leicht Cu-Korn, mit HCl = blaue Flamme
dunkelrot bis stahlgrau	bräunlich-rot	5,1	oft faserig, nierig, dann weniger hart	Kr. auf derbem Roteisenstein, sehr verbreitet	v. d. L. magnetisch, in HCl lösl., grüngelbe Fe-Perle
bräunlichrot	fleischrot, blutrot	2,7	wenn bandartig = Eisenjaspis	Kr. meist schön aufgewachsen, mit Hämatit	unschmelzbar, unlösl. in Säuren nur v. HF angegriffen

II. 3. Halbmetallisch- oder gemeinglänzend,

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch	Glanz
Erdwachs (Ozokerit)	Cn H2n	1	amorph	—	muschlig	fettartig
Braunkohle (Lignit)	C,H,O	1—2½	amorph	—	muschlig	matt oder fettartig
Zinkblende	Zn S (Fe haltig)	3½—4	tess. oktaed. Rhombend. oft Zwilling.	sehr gut nach 6 Richtungen (Rhombend.)	eben	glasartig metallis.
Nadeleisenerz (Göthit)	$Fe_2O_3 . H_2O$	4½—5	rh., säulig, nadlig	gut nach 1 Richtung (Längsfläche)	faserig	diamantartig, samtartig
Brauneisenerz (Limonit)	Fe_2O_3 + 2 Fe $(OH)_3$	4½—5½	amorph	—	faserig, pulverig	gemein, halb metallisch
Roteisenstein (Hämatit)	3 $Fe_2O_3.H_2O$	4½—6	nicht krist. Varietäten	—	faserig pulverig	halbmetallisch*)
Wolframit	(Fe Mn) W O_4	5—5½	mkl. kurzsäulig, taflig	sehr gut nach 1 Richtung (Längsfläche)	eben, stenglig	halbmetallisch, diamantartig
Hartmanganerz (Psilomelan)	Ba $Mn_4O_9.H_2O$. $K_2Mn_4O_9H_2O$	5—6	dicht	—	muschlig, faserig	halbmetall. matt
Chromeisenerz (Chromit)	Fe Cr_2O_4	5½—6	tess. Oktaed.	—	uneben	halbmetallisch, fettartig
Hornblende (Amphibol)	$Mg_3Ca_2Fe Si_6O_{18}$	5½—6	mkl. säulig, nadlig	gut nach 2 Richt. (Prisma ∢ 124°)	eben	gemein, oft starkglänzend
Rutil	Ti O_2 (Fe haltig)	6—6½	tetr. säulig, nadlig	gut nach 2 Richt. (Prisma ∢ 90°)	faserig	halbmetallisch
Zinnstein (Kassiterit)	Sn O_2 (Fe haltig)	6—6½	tetr. kurzsäulig, würflig	gut nach 2 Richt. (Prisma ∢ 90°)	faserig, körnig	halbmetallisch diamantartig

mit braunem Striche. Härte 1—6½.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
braun	gelblich-braun	1—1,1	klebrig riechend	muschlige oder faserige Stücke mit Petrol.	schmilzt leicht und verbrennt
braun bis schwarz	braun	1,2—1,4	etwa auch erdig und faserig	in Schichten mit Kohlenkalk	brennt mit leuchtender Flamme
braun bis schwarz	braun	3,9—4,2	durch Fe gefärbt	Kr. in Dolomit und Kalk mit Pyrit und Arsenkies	verknistert v. d. L mit Soda: S-Reakt.
braun	gelblich-braun	4,2	häufig pseudomorph nach Pyrit	Aggreg. mit Quarz, Limonit und Hämatit	im Kölbchen H_2O, in HCl löslich, durch Glühen magn.
braun bis schwarz	gelblich-braun	3,6—4	oft schwarz angelaufen, Zersetzungsprodukt	nierige Formen, erdige Massen, Bohnerz	im Kölbchen H_2O, in HCl löslich, durch Glühen magn.
dunkelrot bis stahlgrau	bräunlich-rot	5	*) in Zersetzung begriffen, sonst metallisch	mit Limonit, Braunstein, Baryt	in HCl löslich, durch Glühen magnetisch.
schwarz, braun	schwärzl.-braun	7,3	große Kristalle, oft Zwillinge	Kr. mit Zinnstein, Quarz und Scheelit	in HCl unter Abscheidung von WO_3 löslich, mit H_2SO_4 blaue Lösung
schwarz, dunkelgrau	dunkel-braun	3,7—4,7	nierenförmig stalaktitisch	mit Braunstein Limonit und Baryt	mit HCl = Cl violette Mn-Perle
schwarz	braun	4,5	bei der Zersetzung des Olivins entstehend	Kr. in Serpentin mit Olivin, Bronzit	Perle grün, v. d. L. magnetisch
schwarz	gelblich-braun	3,2	oft Zwillinge; durch Fe gefärbt	lose Kristalle im Basalttuff und Phonolithtuff	v. d. L. schmelzbar, je mehr Fe, umso leichter
schwarz, rotbraun	blaß-braun	4,2	oft Zwillinge	auf Eisenglanz mit Quarz, Adular, Apatit	unschmelzbar, in der Reduktionsflamme rötliche Titanperle
schwarz bis braun	blaß-braun	6,9	oft Visierzwillinge, freie Kr. selten	Kr. mit Quarz, Apatit und Flußspat	in Säuren unlöslich, mit Soda und Cyankalium auf Kohle = Sn-Flitter

II. 4. Halbmetallisch oder gemeinglänzend,

Name	Formel	Härte	Kristall-form	Spaltung	Bruch	Glanz
Erdwachs (Ozokerit)	C_nH_{2n}	1	amorph	—	schuppig	fettartig
Gelberde und Umbra	$HAlSiO_4 + Fe(OH)_3$	1—2	amorph	—	erdig	matt
Uranglimmer (Uranit)	$Ca(UPO_6)_2 + 8H_2O$	$1^1/_2$—2	rh. schuppig	sehr gut nach 1 Richt. (Basis)	eben	perl-muttera. auf der Basis
Auripigment (Rauschgelb)	As_2S_3	$1^1/_2$—2	rh. kurz-säulig, linsen-förmig	sehr gut nach 1 Richtung (Längsfl.)	blättrig	fettartig perl-muttera.
Realgar	AsS	2	mkl. kurz-säulig	gut nach 1 Richt. (Basis)	blättrig, muschlig	fettartig, diamanta.
Schwefel	S	2—$2^1/_2$	rh. pyra-midal	—	muschlig	fettartig
Zinkblende	ZnS (Fe haltig)	$3^1/_2$—4	tess. Okt. Tetraeder	sehr gut nach 6 Richtungen (Rhombendod.)	eben	glasartig, diamant-artig
Braun-eisenerz (Limonit)	$Fe_2O_3 . 2Fe(OH)_3$	3—$5^1/_2$*)	amorph	—	faserig, pulverig	gemein
Nadeleisenerz (Göthit)	$Fe_2O_3 . H_2O$	$4^1/_2$—5	rh. nadelf. Blättchen	gut nach 1 Richtung (Längsfl.)	faserig	diamanta. seidena.
Hornblende (Amphibol)	$Ca_2Mg_3Fe Si_{18}O_{42}$	$5^1/_2$	mkl. kurz-säulig	sehr gut nach 2 Richt. (Prisma ∢ 124°)	eben, splittrig	gemein, glasartig
Rutil	TiO_2 (Fe haltig)	6—$6^1/_2$	tetr. säulig, stenglig	gut nach 2 Richt. (Prisma ∢ 90°)	eben, splittrig	diamant-artig
Zinnstein (Kassiterit)	SnO_2 (Fe haltig)	6—$6^1/_2$	tetr. kurz-säulig, würflig	gut nach 2 Richt. (Prisma ∢ 90°)	eben, faserig	metallis. diamant-artig
Eisenkiesel	SiO_2 (Fe haltig)	$6^1/_2$—7	hex. säulig u. pyram.	—	muschlig	gemein, glasartig

mit gelbem Striche. Härte 1—7.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
gelblichbraun	blaßgelb	1,1	klebrig, riechend, biegsam	muschlige, faserige Stücke mit Petrol.	schmilzt leicht und verbrennt, in Terpentinöl lösl.
ockergelb, bräunlich	ockergelb	2,2—2,6	a. d. Zunge klebend	mit Sand, Zersetzungsprodukt	unschmelzbar, grüngelbe Fe-Perle
schwefelgelb, zeisiggrün	gelblich	3,1	Kr. anscheinend tetragonal	auf Erzgängen mit Dolomit und Auripigment	leicht schmelzbar, im Kölbchen H_2O, gelbe Uranperle
pomeranzengelb	zitronengelb	3,4	Kr. undeutlich, meist Aggr.	im Ton und Dolomit mit Realgar, Pyrit	brennt an der Flamme, ist flüchtig, As-Geruch
morgenrot	pomeranzengelb	3,5	Kr. durchscheinend	wie Auripigment	wie Auripigment
gelb	strohgelb	2	Kr. durchscheinend	kr. u. derb mit Gips und Kalk	leicht schmelzbar, brennt mit blauer Flamme
braun	strohgelb	4,1	oft Zwillinge, durch Fe gefärbt	kr. und derb in Gängen mit Bleiglanz, Kupferkies, Baryt	verknistert v. d. L., mit Soda: S-Reakt., in HCl = H_2S
dunkelbraun bis gelb	bräunlichgelb	3,6—4	*)durch Beimengung weicher, oft pseudomorph.	mit Roteisenerz, Braunstein, Baryt	im Kölbchen = H_2O und rot werdend, wird a. d. K. magnet.
braun bis schwarz	bräunlichgelb	4,2	Überzüge bild., relativ selten	Aggr. mit Limonit, Hämatit und Quarz	wie Brauneisenerz
bräunlichschwarz	graugelb ockergelb	3,1	oft Zwillinge, wenn viel Fe dunkler	im Basalt- und Phonolithtuff	v. d. L. schmelzbar
rot, braun	blaßgelb	4,2	meist kristallinisch	auf krist. Schiefer mit Eisenglanz, Albit, Apatit	unschmelzbar, Titanperle rötl. in der Reduktionsflamme
braun bis schwarz	blaßgelb	6,9	oft Visierzwillinge	Kr. mit Apatit, Fluorit, Bleiglanz	unlösl. in Säuren, mit Soda und KCN = Sn-Flitter.
rot bis gelb	blaßgelb	2,7	meist schöne Kr.	mit Limonit und Hämatit	unlösl. in Säuren, unschmelzbar

II. 5. Halbmetallisch- oder gemeinglänzend,

Name	Formel	Härte	Kristall-form	Spaltung	Bruch	Glanz
Grünerde (Seladonit)	$K Mg F_3 Al Si_7 O_2 + 3 H_2 O$	1—2	amorph	—	pulverig	matt
Nickelblüte (Annabergit)	$Ni_3 As_3 O_8 + 8 H_2 O$	2—2½	krist.	—	faserig	schimmernd
Chlorit	$Mg_3 Fe Al_2 Si_2 O_{11} + 4 H_2 O$	2—2½	mkl. taflig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben	gemein, schimmernd
Malachit	$Cu_2 (CO_3)(OH)_2$	3½—4	mkl. haarig, nadlig	—	muschlig faserig	gemein, glasartig
Augit (Pyroxen)	$Mg Ca_2 Fe Si_4 O_{12}$	5½—6	mkl. Prismen kurzsäulig	gut nach 2 Richt. (Prisma ∡ 87°)	eben splittrig	gemein
Hornblende (Amphibol)	$Mg_3 Ca_2 Fe Si_6 O_{18}$	5½—6	mkl. Prismensäulig, nadlig	gut nach 2 Richt. (Prisma ∡ 124°)	eben splittrig	gemein
Spinell (Pleonast)	$Mg Fe Al_4 O_8$	7½—8	tess. Oktaeder	—	uneben	glasartig, fettartig

II. 6. Halbmetallisch- oder gemeinglänzend,

Name	Formel	Härte	Kristall-form	Spaltung	Bruch	Glanz
Blaueisenerz (Vivianit)	$Fe_3 (PO_4)_2 + 8 H_2 O$	2—2½	mkl. säulig, meist klein	sehr gut in 1 Richt. (Längsfl.)	eben	gemein, perlmutterartig
Azurit (Kupferlasur)	$Cu_3(CO_2)_2(OH)_2$	3½—4	mkl. taflig und säulig	gut in 2 Richt. (Prisma)	eben	glasartig
Lasurstein (Lapis lazuli)	$Na Al Si O_4$ (mit Ca u. S)	5—5½	tess. dodek. Kr. selten	—	uneben	fettartig

mit grünem Striche. Härte 1—8.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
blaugrün (seladongrün)	bläulichgrün	2,8	sekundäres Min.	in Mandeln von Basalt, Melaphyr mit Zeolithen	v. d. L. schmelzbar, grüngelbe Fe-Perle
apfelgrün	blaßgrün	3	Anflug bei Ni-Erzen	in Erzgängen mit Nickelin, Chloanthit	a. d. K. Arsendampf, rötl. Ni-Perle
dunkelgrün	grün	2,8	Kr. scheinbar hexag., selten deutlich	in krist. Schiefern mit Dolomit, Adular	im Kölbchen H_2O, mit HCl gelatinierend
smaragdgrün	grün	4	Kr. selten, meist derb, Überzüge bildend	mit Cu-Erzen und Limonit	in HCl lösl. unter brausen, a. d. K. = Cu-Korn
schwarzgrün	graulichgrün	3,3	meist schöne Kr., oft lose	mit Granat, Pyrit, Hornblende	schmilzt zu Glas, grüngelbe Fe-Perle
schwarzgrün	graulichgrün	3,3	lose Kr. und in Aggregaten, strahlig	mit Augit, Granat, Magnetit, Bleiglanz	schmilzt zu Glas, grüngelbe Fe-Perle
schwarz	graulichgrün	3,8	schöne Oktaeder, meist lose	im Basalt eingewachsen	unschmelzbar

mit blauem Striche. Härte 2—5½.

Farbe	Strich	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
indigoblau bis dunkelgrün	bläulich	2,6	etwa auch in Muscheln und Knochen	Kr. auf Erzklüften mit Pyrit, Magnetkies	schmilzt zur magn. Kugel, Flamme bläulichgrün
lasurblau	smalteblau	3,8	sekundäres Min., Kr. selten	am Ausgehenden v. Cu-Erzgängen	a. K. = Cu-Korn, im Kölbchen H_2O, in HCl aufbrausend
lasurblau	smalteblau	2,4	als Schmuckstein verwendet	dichte Massen mit Kalkspat und Pyrit	mit HCl = H_2S und gelatinierend

II. 7. a. Gemeinglänzend mit weißem oder schwach

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Erdwachs (Ozokerit)	$C_n H_{2n}$	1/2—1	amorph	—	muschlig
Talk (Speckstein)	$H_2 Mg_3 Si_4 O_{12}$	1	rh. schuppig, keine umgrenzten Kr.	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	blätterig
Kaolin (Nakrit)	$H_2 Al_2 (SiO_4)_2 + H_2O$	1—1 1/2	rh. kleine Schüppchen bis pulverig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	schuppig
Pyrophyllit	$Al_2 Si_4 O_{11} + H_2O$	1—1 1/2	rh. schuppig, blättrig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	schuppig, glatt
Natronsalpeter (Chilisalpeter)	$Na NO_3$	1 1/2—2	hex. rhomboedr.	gut in 1 Richt. (Basis)	körnig
Bol (Pozellanton zum Teil)	$H_2 Al_2 (Si O_4)_2 + 2 H_2O$ (meist mit Fe)	2	amorph	—	pulverig
Asbest (Chrysotyl)	$Mg_2 Si_2 O_7 + 2 H_2O$	2*)	krist. faserig	in Fasern	faserig
Gips	$Ca SO_4 + 2 H_2O$	2	mkl. säulig, tafl., oft Zwillinge etw. faserig	sehr gut in 3 Richt. rhomb. Blättchen	eben, faserig
Schwefel	S	2—2 1/2	rh. pyramidal	—	muschlig
Meerschaum	$H_4 Mg_2 Si_3 O_{10}$	2—2 1/2	amorph	—	pulverig, körnig
Borax (Tinkal)	$Na_2 B_4 O_7 + 10 H_2O$	2—2 1/2	mkl. kurzsäulig	—	muschlig
Bittersalz (Epsomit)	$Mg SO_4 + 7 H_2O$	2—2 1/2	rh. nadlig, haarig	gut in 1 Richt. (Längsfläche)	faserig
Steinsalz (Halit)	$Na Cl$	2—2 1/2	tess. hexaedrisch	sehr gut in 3 Richt. (Hexaeder)	eben, körnig
Ton (Var. Steinmark)	$H Al Si O_4 + H_2O$	2—2 1/2	amorph	—	körnig, pulverig
Bernstein (Succinit)	$C_{10} H_{16} O$	2—2 1/2	amorph	—	muschlig
Chlorit (Pennin)	$Mg_5 Al_2 Si_3 O_{14} + 4 H_2O$	2 1/2	mkl. blattförmig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, schuppig

gefärbtem Striche. Härte 1—2½.

Glanz	Farbe	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
fettartig	gelb bis braun	0,9	klebrig, riechend	in faserigen, muschl. Stücken mit Petrol.	schmilzt leicht und verbrennt
gemein, perlmuttera.	weiß, grünlich	2,7	fettig anzufühlen oft pseudomorph	eingelagert mit Chlorit, Hornblende, Magnetit	unschmelzbar, mit Co-Lösung rötl.
gemein, perlmuttera.	weiß nicht grünlich	2,2	fettig oder rauh anzufühlen, Zersetzungsprodukt	meist erdige Massen mit Chlorit, Apatit	unschmelzbar, m. Co-Lösung blau, angehaucht = Tongeruch
perlmuttera.	hellgrün	2,2	sehr fettig anzufühlen	mit Magnetit, Quarz	v. d. L. sich aufblähend, unschmelzb.
glasartig	weiß	2,2	Kr. sehr selten, meist krustenart.	körnige Aggr. mit Kochsalz, Glaubers.	in H_2O. löslich, a. K. verpuffend
fettartig oder glanzlos	weiß, gelb und rot	2,3	durch Fe gefärbt, haftet an der Zunge	Verwitterungsproz. in Basalt, Sandstein	mit Co-Lösung blau, wenn gelb in der Hitze rot
seidenartig	grünlich-weiß, braun	2,5	*) wenn dicht, härter	mit Serpentin oder Strahlstein	im Kölbchen H_2O, mit Co-Lösung rötl.
glasartig, seidenartig	weiß, grau, gelb, rot	2,3	wenn durchsicht. = Marienglas	spätig u. körnig mit Kochsalz, Salzton	im Kölbchen H_2O, mit Soda: S-Reakt.
fettartig, diamantartig	gelb, braun, grau	2	Strich hellgelb	Krusten mit Gips, Cölestin, Anhydrit,	leicht schmelzbar, verbrennt zu SO_2
matt, porös	weiß, gelblich	2*)	*) schwimmt auf H_2O, weil porös	in Knollen mit Opal, Chalcedon	klebt a. d. Zunge, mit Co-Lösung = rötl.
glasartig, fettartig	weiß, grau	1,6	durchsichtig, trübt sich bald und zerfällt	kr. und körnig mit Soda, Steinsalz	in H_2O löslich, mit H_2SO_4 = grüne Flamme
glasartig	weiß	1,7	Kr. selten, meist krustenartig	aus Quellwasser in Mergel und Kalk	im Kölbchen H_2O, m. Co-Lösung = rötl. schmeckt bitter
glasartig, fettartig	weiß, grau, gelb	2,2	häufig etwas feucht, oft Kr.	bildet große Lager mit Gips, Ton	schmeckt salzig, gelbe Na-Flamme
matt, oft schimmernd	weiß, gelblich, rötlich	2,3	fettig oder rauh anzufühlen, auch pulverig	in Lagern mit Sand	mit Co-Lösung = blau, angehaucht = Tongeruch
fettartig, glasartig	gelb, braun	1,1	rundl. Stückchen, oft mit Bläschen	fossiles Harz im Sande	schmilzt, brennt mit Flamme und Harzgeruch
perlmuttera.	grün bis dunkelgrün	2,8	Kr.-Umgrenzung selten (Pennin) Strich grünl.	meist schuppige Aggr. in Chloritschiefer	im Röhrchen H_2O, von H Cl ersetzt, schwer schmelzbar

II. 7 b. Gemeinglänzend von weißem oder

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Gruppe der **Glimmer:**	Silikate	2—3	mkl. blattförmig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, schuppig
1. **Kaliglimmer** (Muscovit)	$H_2 K Al_3 (Si O_4)_3$	2—3	mkl. blattförmig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, schuppig
2. **Natronglimmer** (Paragonit)	$H_2 Na Al_3 (Si O_4)_3$	2—3	mkl. blattförmig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, schuppig
3. **Lithionglimmer** (Lepidolith)	$H K Li Al_2 Si_3 O_{10} F$	2—3	mkl. blattförmig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, schuppig
4. **Magnesia-glimmer** (Biotit)	$H K Mg_3 (Fe Al)_2 (Si O_4)_3$	2½—3	mkl. blattförmig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, schuppig
5. **Sericitglimmer**	$H_2 K Al_3 (Si O_4)_3$	2—3	mkl. blattförmig, schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, schuppig, oft wellig
Kalkspat (Calcit)	$Ca CO_3$	3	hex. rhomboedr. säulig, skalenoedrisch	sehr gut in 3 Richtungen (Rhomboeder)	eben
Gelbbleierz (Wulfenit)	$Pb Mo O_4$	3	tetr taflig, würfl.	—	eben muschlig
Anhydrit	$Ca SO_4$	3—3½	tetr. taflig, würfl. kurzsäulig	Spaltkörper würflig	eben
Schwerspat Baryt	$Ba SO_4$	3—3½	rh. taflig, säulig	gut in 3 Richt. nicht alle senkr.	eben
Coelestin	$Sr SO_4$	3—3½	rh. säulig, taflig	gut in 1 Richtung (Basis)	eben faserig
Weißbleierz (Cerussit)	$Pb CO_3$	3½	rh. pyram., nadlig prismatisch	gut in 2 Richt. (Prisma)	eben
Aragonit	$Ca CO_3$	3½—4	rh. nadlig, säulig	—	faserig
Grünbleierz (Pyromorphit)	$3 Pb_3 (PO_4)_2 Pb Cl_2$	3½—4	hex. säulig, nadlig	—	uneben
Serpentin	$Mg_3 Si_2 O_7 + 2 H_2 O$	3—4*)	amorph	—	faserig, zähe

schwach gefärbtem Striche. Härte 2—4.

Glanz	Farbe	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
a. d. Basis perlmutterartig		2,8-3,2	Kr. scheinbar hexag.		
a. d. Basis perlmutterartig	weiß, hellgelb bis braun	2,8-3,2	Blättchen elastisch und durchsichtig, häufigster Gl.	in Granit, Glimmerschiefer, Gneis	v. d. L. schwer schmelzbar, in Säuren unlöslich
a. d. Basis perlmutterartig	silberweiß, hellgrün	2,8-3,2	Blättchen elastisch und durchsichtig, seltener Gl.	im Paragonitschiefer mit Cyanit	v. d. L. schwer schmelzbar, in Säuren unlöslich
a. d. Basis perlmutterartig	blaßrot, hellviolett	2,8-3,2	meist in kl. rötl. Schüppchen, seltener Gl.	in turmalinhaltigen Graniten	v. d. L. schmelzend, Flamme rötlich färbend
a. d. Basis perlmutterartig	dunkelbraun, dunkelgrün	2,8-3,2	Blättchen spröde und undurchsichtig, häufiger Gl.	in Granit, Gneis, im Basalt	v. d. L. schmelzbar, die dunklern leichter
a. d. Basis perlmutterartig	grünl.-weiß, graul.-weiß	2,8-3,2	faserige Schüppchen, geschmeidig	in Protoginen und Gneisen	schwer schmelzbar, in Säuren unlöslich
gemein, glasartig	meist weiß gelblich grau	2,7	durchsichtig oder durchscheinend, dicht = Kalkstein	Kr. aufgewachsen u. in Drusen, Aggreg., körnig = Marmor	in HCl löslich unter brausen, Flamme rotgelb
fettartig, diamantartig	gelb bis rot	6,8	meist schöne Kr. aufgewachsen	mit Bleiglanz, Dolomit, Calcit	schmilzt leicht, mit Soda a. K. = Pb-Korn
glasartig, fettartig	grau, weiß	2,9	Kr. selten, an der Luft in Gips übergehend	körnige Massen mit Ton, Kalkstein, Gips	mit Soda: S-Reakt. Flamme rotgelb
glasartig	weiß, grau, rot.	4,5	Kr. brüchig auffallend schwer	mit Fluorit und Erzen Pyrit	Flamme grünl.-gelb mit Soda: S-Reakt.
glasartig, fettartig	weiß, bläul.	3,9	oft in Knollen und als Versteinerungsmittel	Kr. mit S in Mergel, Gips und Erzgängen	rote Sr-Flamme, mit Soda: S Reakt.
diamantart., perlmutterartig	weiß, grau,	6,5	Kr. scheinbar hex., sternförmige Zwillinge	mit Bleierzen, Quarz	a. K. = Pb Korn, in HNO_3 löslich dabei aufbrausend
glasartig, seidenartig	weiß, grau,	3	Kr. oft Zwillinge u. Drillinge, dann scheinbar hex.	auf Klüften von Dolomit, Basalt	in HCl leicht löslich = CO_2, gelbrote Ca-Flamme
fettartig, diamantartig	grün, braun, gelb	7	Kr. oft bauchig traubig, nierig	m. Bleierzen u. Baryt	Flamme blaugrün, mit Soda = Pb Korn
fettartig, seidenartig	gelblich-grün nicht gleichmäßig	2,5	*) oft scheinbar weicher, fettig anzufühlen	oft faserig und dicht in krist. Schiefern	im Kölbchen = H_2O, von HCl zersetzt

II. 7 b. Gemeinglänzend mit weißem oder

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
I. Gruppe der Zeolithe:	Silikate	$3^1/_4$—4	meist gute Krist. aufgewachsen	—	—
1. **Laumontit**	$Ca\,Al_2\,Si_4\,O_{12} + 4\,H_2O$	$3^1/_2$*)	mkl. säulig nadlig	gut in 2 Richt. (Prisma)	eben
2. **Strahlzeolith** (Desmin)	$Ca\,Al_2\,Si_6\,O_{16} + 6\,H_2O$	$3^1/_4$—4	mkl. breitsäulig spanförmig	gut in 1 Richt. (Basis)	strahlig, faserig
3. **Blätterzeolith** (Heulandit)	$Ca\,Al_2\,Si_6\,O_{16} + 5\,H_2O$	$3^1/_2$—4	trkl. taflig schuppig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	blättrig, schuppig
Zinkblende	$Zn\,S$	$3^1/_2$—4	tess. Oktaeder tetraedrisch	sehr gut in 6 Richt. (Rhombendod.)	glatt, glänzend
Gruppe der Karbonatspate:	Karbonate	$3^1/_2$—$4^1/_2$	hex. rhomboedr.	nach Rhomboeder $\sphericalangle$ 106°—107°	eben
1. **Dolomit**	$Ca\,Mg\,(C\,O_3)$	$3^1/_2$—4	fast nur Rhomboeder	Rhomboeder oft krummblättr.	muschlig
2. **Eisenspat** (Siderit)	$Fe\,(C\,O_3)$	$3^1/_2$—4	oft linsenförmig	Rhomboeder oft krummblättr.	muschlig
3. **Manganspat** (Rhodochrosit)	$Mn\,(C\,O_3)$	$3^1/_2$—$4^1/_2$	Kr. meist klein	Rhomboeder nie krummblättr.	eben
4. **Magnesit** (Bitterspat)	$Mg\,(C\,O_3)$	$3^1/_2$—$4^1/_2$	stumpfrhomb.	Rhomboeder nie krummblättr.	eben
Flußspat (Fluorit)	$Ca\,F_2$	4	tess. Hexaeder Oktaeder	nach Oktaeder	eben
II. Gruppe der Zeolithe:	Silikate	4—$4^1/_2$	meist gute Krist. aufgewachsen	—	—
1. **Würfelzeolith** (Chabasit)	$Ca\,Al_2\,Si_6\,O_{16} + 8\,H_2O$	4—$4^1/_2$	hex. rhomboedr. würfelähnlich	nach Rhomb. würfelähnlich	eben
2. **Kreuzzeolith** (Harmotom)	$Ba\,Al_2\,Si_6\,O_{16} + 6\,H_2O$	$4^1/_2$	mkl. breitsäulig	gut in 1 Richt. (Längsfläche)	eben
3. **Apophyllith**	$Ca\,Si\,O_5 + 2\,H_2O$	$4^1/_2$	tetr. taflig würflig	gut in 1 Richt. (Basis)	schalig

schwach gefärbtem Striche. Härte $3^1/_2$—$4^1/_2$.

Glanz	Farbe	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
glasartig	weiß oder schwach gefärbt	—	in zersetzten vulk. Gesteinen	auf krist. Gesteinen	im Kölbchen H_2O
glasartig, perlmutterart.	weiß, gelblich	2,3	*) zerbrechlich	in Granit, Syenit mit Desmin, Calcit	schmilzt ruhig, mit HCl gelatinierend
glasartig, seidenartig	weiß, grau	2,1	Kr. scheinbar rhomb., garbenförmige Aggr. in Gruppen	in vulk. Gestein, mit Chabasit auf Quarz, Adular	mit HCl zersetzt, v. d. L. zur Kugel schmelzend
glasartig, perlmutterart.	weiß rötlich	2,2	Kr. scheinbar mkl.	in Blasenräumen von vulk. Gestein	krümmt sich beim Erhitzen
diamantartig, glasartig	gelblich braun schwarz	4,1	häufig Zwillinge, durch Fe gefärbt	kr. und derb mit Bleiglanz, Pyrit	verknistert v. d. L. mit Soda: S-Reakt.
glasartig, oft perlmutterart.	—	—	sehr gute Spaltung n. R.	—	in warmer HCl löslich = CO_2
glasartig, oft perlmutterart.	weiß, gelblich braun*)	2,8	*) enthält dann Fe u. heißt Braunspat	bildet ganze Schichten mit Gips	mit $Co(NO_3)_2$ geglüht = rötlich
glasartig, oft perlmutterart.	erbsengelb braunschwarz	3,8	oft oberflächl. in Limonit verwandelt	ganze Stöcke mit Bleiglanz, Fluorit	wird beim Erhitzen schwarz und magn.
glasartig, oft perlmutterart.	rosenrot	3,5	körnige Massen	mit Brauneisenstein	b. Glühen schwarz, violette Mn-Perle
glasartig, matt	weiß blaßgelb	3,1	wenn viel Fe, gelb bis bräunlich	Kr. mit Serpentin od. Talk	mit $Co(NO_3)_2$ geglüht = rötlich
glasartig	in allen Farben	3,1	Kr. meist durchsichtig	mit Erzen: Bleiglanz, Kupferkies	verknistert v. d. L., mit H_2SO_4 = HF
glasartig	—	—	in zersetzten Silikatgesteinen	auf krist. Gesteinen.	im Kölbchen H_2O
glasartig	weiß	2,1	oft Zwillinge	in Drusen von Basalt	von HCl zersetzt
glasartig	weiß blaßgelb	2,5	oft Zwillinge kreuzweis	in Drusen und aufgewachsen	von HCl zersetzt
glasartig perlmutterartig	blaßgelb blaßrot	2,3	durchsichtig bis durchscheinend	Kr. mit Calcit und Zeolithen	a. d. Flamme schmelzend, in HCl zersetzt

II. 7 c. Gemeinglänzend mit weißem oder

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Zinkspat (Galmei)	$ZnCO_3$	4½—5	hex. rhomboedr. oft krummblättr.	gut in 3 Richt. (Rhomboeder)	glatt
Apatit	$3\,Ca_3(PO_4)_2 + CaF_2$	5	hex. kurzsäulig, nadlig	gut in 1 Richt. (Basis)	eben
Natrolith	$Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2H_2O$	5—5½	rh. nadlig säulig	gut in 1 Richt. (Basis)	faserig
Opal	$SiO_2 + H_2O$	5—5½	amorph	—	muschlig
Leucit	$KAlSi_2O_6$	5½—6	rh. ikositetra-eder-artig	—	uneben
Titanit (Sphen)	$CaTiSiO_5$	5½—6	mkl. säulig keilförmig	—	uneben splittrig
Anatas	TiO_2	5½—6	tetr. pyram. säulig	gut in 1 Richt. (Basis)	eben
Gruppe der Augite	Silikate	5—6	kurzprismatisch od. blättrig	gut in 2 Richt. Prisma ∢ 87°	eben glänzend
1. **Bronzit**	$MgFe(SiO_3)$	5—5½	rh. blättrig taflig	gut in 2 Richt. Prisma ∢ 87°	eben glänzend
2. **Diopsid**	$Ca(MgFe)(SiO_3)_2$	5½—6	mkl. säulig nadlig	gut in 2 Richt. Prisma ∢ 87°	eben glänzend
3. **Augit**	$Ca(MgFe)(SiO_3)_2 + (MgFe)Al_2(SiO_3)_2$	5½—6	mkl. kurzsäulig	gut in 2 Richt. Prisma ∢ 87°	eben glänzend
4. **Diallag** (Schillerspat)	wie Augit	5—6*)	mkl. taflig, blättrig	gut in 2 Richt. Prisma ∢ 87°	faserig

schwach gefärbtem Striche. Härte $4^1/_2$—6.

Glanz	Farbe	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
glasartig fettartig	weiß, gelb braun	4,2	Kr. meist klein, derbe Massen, oft eisenhaltig	mit Zinkblende, Malachit, Limonit	in HCl löslich, mit Co-Lösung grün
glasartig	in allen Farb. auch weiß	3,2	häufiges Mineral, oft gute Kr.	mit Erzen: Zinnstein, Arsenkies, Fluorit auf krist. Schiefern	in HCl. lösl., mit molybdäns. Ammon. gelber Niederschlag
glasartig perlmutterartig	weiß, gelb rötlich	2,2	Kr. selten, scheinbar tetragonal	meist radialfaserige Aggregate in Phonolith	im Kölbchen H_2O, schmilzt leicht
fettartig	in allen Farb. meist weiß, gelb, rot	1,9—2,3	traubig, krustenförmig, durchscheinend	in Klüften sekundär, als Klebschiefer	im Kölbchen H_2O. in KOH löslich
glasartig	weiß, grau	2,4	oft gute Kr., scheinbar tesser.	in Lava, Basalt, Phonolith	mit Co-Lösung blau, mit HCl zersetzt
glasartig diamantartig	braun, grün gelb	3,5	meist gute Kr., selten mikrok.	Kr. auf krist. Schiefer mit Adular, Quarz	schwer schmelzbar, durch H_2SO_4 zersetzbar
diamantartig metallis.	in allen Farb. rot, gelb	3,8	nur in kleinen guten Kr. bekannt	mit Rutil, Titanit, Albit, Chlorit	in Säuren unlöslich, Phosphorsalzperle = violett
—	grün bis schwarz		meist gute Krist.	—	—
metallis. bronzefarb.	braun grünlich	3,3	Kr. selten, Absonderungen nach den Pinakoiden.	mit Olivin, Magnetit in Serpentin	unschmelzbar, grüngelbe Fe-Perle
glasartig	grün, weiß	3,3	durchsichtig Kr. flächenreich	auf Klüften mit Chlorit, Hornblende	unschmelzbar, grüngelbe Fe-Perle
gemein	grauschwarz grünlichschwarz	3,4	meist gute Kr. oft lose	in Lava, Basalt, Phonolith	schmilzt schwer, grüngelbe Fe-Perle
perlmuttera. mettallis.	grünlichbraun	3,4	*) oft weniger, weil verw.	Kr. selten, blättrige Massen in Gabbro	v. d. L. unschmelzbar

II. 7. c. Gemeinglänzend von weißem oder

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Gruppe der Hornblende	Silikate	5—6	langprismatisch bis faserig	sehr gut in 2 Richtungen Prisma ∢ 124°	eben, glänzend
1. **Tremolit**	$Mg_3Ca(SiO_3)_4$	5—6	mkl. säulig, nadlig	sehr gut in 2 Richtungen Prisma ∢ 124°	eben, glänzend
2. **Strahlstein** (Aktinolith)	$(MgFe)_3Ca(SiO_3)_4$	$5^1/_2$—6	mkl. säulig, nadlig, fasrig	sehr gut in 2 Richtungen Prisma ∢ 124°	eben, glänzend
3. **Hornblende** (basaltische H.)	$(MgFe)_3Ca(SiO_3)_4$ $(MgFe)_2(AlFe)_4(SiO_6)_4$	5—6	mkl. säulig	sehr gut in 2 Richtungen Prisma ∢ 124°	eben, glänzend
4. **Nephrit**	wie Strahlstein	$5^1/_2$—6	dicht	—	splittrig
Gruppe der Feldspäte	Silikate	6	kurzsäulig dicktaflig	sehr gut in 2 Richtungen ∢ etwa 90°	eben
1. **Orthoklas** (Kali-Feldspat)	$KAlSi_3O_8$	6	mkl. säulig, oft rhomboeder-ähnlich	Spaltwinkel ∢ 90°	eben
2. **Albit** (Natron-Feldspat)	$NaAlSi_3O_8$	6—$6^1/_2$	trkl. säulig, taflig	Spaltwinkel ∢ 87°	eben
3. **Anorthit** (Kalk-Feldspat)	$CaAl_2(SiO_4)_2$	6	trkl. kurzsäulig taflig	Spaltwinkel ∢ 87°	eben
4. **Plagioklase** (Kalknatron-Feldspate)	Albit u. Anorthit in wechselndem Verhältnis	6	mkl. säulig, taflig, meist Zwillinge	Spaltwinkel ∢ 87°	eben
5. **Saussurit** (Feldspat in Zersetzung)	$Ca_5Al_6Si_6O_{26}$ (nicht konstant)	nicht ganz 6	scheinbar dicht	—	splittrig körnig
Türkis	$Al_4P_2O_{11} + 5H_2O$	6	dicht	—	muschlig

schwach gefärbtem Striche. Härte 5—6.

Glanz	Farbe	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
	grünlich bis schwarz		oft strahlige Aggregate	—	—
glasartig, seidenartig	weiß, grau, schwach grünlich	2,9	ganze Kr. selten, Endigungen selten	in krist. Schiefern stenglige Aggr.	schwer schmelzbar, HCl zersetzt ihn teilweise
glasartig, seidenartig	hellgrün, dunkelgrün	3	faserig = Asbest, scheinbar weicher, grasgrün = Smaragdit	in krist. Schiefern oft ganze Schichten	v. d. L. umso leichter schmelzbar, je mehr Fe
glasartig,	schwarz, braunschwarz	3,1	oft gute Kristalle lose mit Endigung	im Basalt und Phonol. Kr.-Aggr. in Syenit	v. d. L. zur Kugel schmelzend
schimmernd matt	hellgrün dunkelgrün	3	zähe, oft verarbeitet (Steinzeit!)	selten bei uns, importierte Stücke	wie Strahlstein
gemein, perlmuttera.	weiß oder schwach gefärbt		oft gute Kristalle	auf kristallinen Gesteinen	
irisierend a. d. Basis	weiß, rötlich	2,5	glasartig = Adular, oft grünl. durch Chlorit	in Granit, Gneis, auf krist. Schiefer	v. d. L. schwer schmelz. von HCl nicht angegr. Flamme violett = K
irisierend a. d. Basis	weiß, selten rötlich	2,6	Kr. meist klein u. glasartig, porzellanartig, oft Vielling-streifung	in Granit, Diorit mit Quarz, Adular	wie Orthoklas, aber Flamme gelb = Na
irisierend a. d. Basis	weiß, grau	2,7	Kr. sehr selten und klein	in basischen Gesteinen, Laven, Basalt	leichter schmelzbar als 2, mit HCl gelatinierend
oft irisierend	weiß, rötlich, grünlich	2,6—2,7	a. d. Basis Zwillingsstreifung, gute Kr. selten, meist Spaltstücke	als Körner in Diabas, Basalt, Gabbro	umso leichter schmelzbar und durch HCl zersetzbar, je mehr Anorthit da ist
schimmernd bis matt	weiß, grünlich	2,6	zähe, durch weitere Zersetzung weicher	in Gabbro, Eklogit mit Granat, Cyanit	schwer schmelzbar, nachher mit HCl gelat.
matt schimmernd	blau, blaugrün	2,7	meist in rundl. Körnern verarbeit.	zwischen Kieselschiefer eingelagert	im Kölbchen H_2O, Flamme wird grünlich

II. 7. d. Gemeinglänzende, von weißem oder schwach

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Opal (Hyalit)	$SiO_2 + H_2O$	6—6½	amorph	—	schalig
Rutil	TiO_2	6—6½	tetr. säulig, haarförmig	gut in 2 Richt. (Prisma)	splittrig
Zinnstein (Kassiterit)	SnO_2	6—6½	tetr. säulig, körnig	gut in 2 Richt. (Prisma)	körnig
Cyanit (Disthen)	Al_2SiO_5	4½—7	trl. säulig, nadlig	gut in 2 Richt. (Pinakoide)	eben
Epidot	$HCa_2(AlFe)_3Si_3O_{13}$	6—7	mkl. säulig, nadlig	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben, körnig
Axinit	$Ca_3Al_2B(SiO_4)_4$	6½—7	trkl. taflig	—	uneben
Olivin (Peridot)	Mg_2SiO_4	6½—7	rh. kurzsäulig, taflig	gut in 2 Richt. (Pinakoide)	muschlig
Vesuvian (Idokras)	$H_4Ca_{12}Al_6Si_{10}O_{43}$	6½—7	tetr. säulig, taflig	—	uneben
Gruppe der Granate	Silikate	6—7	tess. Rhombend. Ikositetraeder	—	körnig, uneben
1. **Almandin**	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	6½—7	tess. Rhombend. Ikositetraeder	—	körnig, uneben
2. **Pyrop**	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	6—7	tess. Rhombend. Ikositetraeder	—	körnig, uneben
3. **Grossular**	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	6½—7	tess. Rhombend. Ikositetraeder	—	körnig, uneben
4. **Melanit**	$(CaFe)_3(FeAl)_2(SiO_4)_3$	6½—7	tess. Rhombend. Ikositetraeder	—	körnig, uneben

gefärbtem Striche. Härte 6—7.

Glanz	Farbe	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
glasartig, opalisierend	i. all. Farb. wasserhell = Hyalit	2,1	Tröpfch., nierig, mit Farbenspiel = Edelopal	auf Basalt, Phonolith vulkan. Tuff	im Kölbchen H_2O, in KOH löslich
diamantart., metallisier.	rot, braun*)	4,2	*) Strich gelblich	auf krist. Schiefern mit Adular, Albit	unschmelzb., violette Ti-Phosphors.-Perle
diamantart., fettartig	braun, schwarz*)	6,9	meist Zwillinge, sehr schwer, *) Strich gelblich	mit Arsenkies, Apatit, Fluorit	mit Soda und KCN auf Kohle Sn-Flitter
glasartig, perlmuttera.	blau, selten gelb	3,5	in versch. Richt. verschieden hart	mit Staurolith, Granat, Hornblende	mit Co-Lösung blau, in Säuren unlöslich
glasartig	grün, gelb, braun	3,4	schöne Kristalle, m. viel. Flächen, stark glänzend	im krist. Schiefer im Melaphyr	v. d. L. schmelzend, dann mit H Cl gelatinierend
glasartig, diamantartig	braun, grün, violett	3,3	Kr. nur aufgw., flächenreich	in krist. Schiefern mit Quarz, Adular	schmilzt z. grün. Gl., Flamme grünl. = B
glasartig, fettartig	grüngelb, braun	3,3	Kr. selten u. klein, meist Körner durch Fe gefärbt	in Basalt, Melaphyr, Bomben	wenn Fe-reich schmelzbar, dann m. H Cl gelatinierend
fettartig, glasartig	grün, braun	3,4	Krist. schön und flächenreich	Kontaktmineral in vulkan. Gegenden	v. d. L. leicht schmelzbar dann mit H Cl gelatin.
glasartig	meist rötlich	3,4	oft lose Kristalle	—	schmelzbar, wenn Fe haltig leichter, dann durch H Cl zers.
glasartig	tiefrot, braunrot	3,4	häufiges Mineral oft geschliffen	in krist. Schiefern	schmelzbar, wenn Fe haltig leichter, dann durch H Cl zers.
glasartig	hellrot, gelbrot	3,4	meist in rundl. Körnern	im Serpentin	schmelzbar, wenn Fe haltig leichter, dann durch H Cl zers.
glasartig	grünlich	3,4	aufgewachsene Kristalle	in krist. Schiefern	schmelzbar, wenn Fe haltig leichter, dann durch H Cl zers.
glasartig	schwarz	3,4	isolierte Kriställchen	in vulkan. Tuff	schmelzbar, wenn Fe haltig leichter, dann durch H Cl zers.

II. 7 d. Gemeinglänzend von weißem Striche.

Name	Formel	Härte	Kristallform	Spaltung	Bruch
Quarz	$Si O_2$	7	hex. pyramidal, säulig	—	muschlig
Chalzedon (mit Hornstein und Feuerstein)	$Si O_2$	7	amorph	—	muschlig
Boracit	$(Mg_3 B_8 O_{15})_2$, $Mg Cl_2$	7	tess. Hexaeder, Dodekaeder	—	uneben
Andalusit	$Al_2 Si O_5$	7*)	rh. säulig, nadlig	gut in 2 Richt. (Prisma)	faserig
Turmalin	Borsilikat m. Al, Mg, Fe oder K, Na, Li	7—7½	hex. säulig, nadl.	—	muschlig
Staurolith	$H_2Fe_2 Al_{10} Si_4 O_{26}$	7—7½	rh. säulig	gut in 1 Richt. (Längsfläche)	uneben
Zirkon	$Zr Si O_4$	7½	tetr. kurzsäulig pyramidal	gut in 2 Richt. (Prisma)	eben
Beryll	$Be_3Al_2 Si_6 O_{18}$	7½—8	hex. säulig, gestreifte Flächen	gut in 3 Richt. (Basis, Prisma)	splittrig
Spinell	$Mg Al_2 O_4$	8	tess. Oktaeder, nur diese Form	—	uneben
Topas	$Al_2 Si O_4 F_2$	8	rh. säulig, pyramidal	sehr gut in 1 Richt. (Basis)	eben
Korund	$Al_2 O_3$	9	hex. säulig pyramidal	gut in 3 Richt. (Rhomboeder)	splittrig
Diamant	C	10	tess. oktaedr., tetraed.	sehr gut in 4 Richt. (Oktaeder)	eben

Härte 7—10.

Glanz	Farbe	Gewicht	Bemerkungen	Vorkommen und Begleiter	Chemisches Verhalten
glasartig, a. d. Bruch fettartig	in allen Farben, auch farblos	2,6	farblos: Bergkr. violett: Amethyst, braun: Raucht. gelb: Citrin, schwarz: Morion	Kr. auf krist. Schief., körnig in vulk. Gest. und in Erzgängen	unschmelzbar, in Säuren und KOH unlöslich
matt, auf Bruchfläche schimmernd, geschliffen glasartig	in allen Farben, gebändert = Achat	2,6	dunkelrot: Jaspis hellrot: Karneol, grün: Chrysopras, schwarz: Kieselschiefer,	in Klüften, Drusen, Knollen: Feuerstein am Stahl Funken	wie Quarz
glasartig, diamantartig	weiß, grau	3	kl. Kr., gut ausgebildet	in Gips, Anhydrit	v. d. L. schmelzend, grüne B-Flamme
matt, glasartig	grünlich, rötlich, aschgrau	3,1	*) oft weil verwittert, weniger hart	in Urtonschiefer m. Granat, Turmalin	ünschmelzbar, mit Co-Lösung blau
glasartig	in allen Farben, meist schw.	3,1	schwarz: Schörl, rot: Rubellit, blau: Indigolith	in Granit mit Granat, Beryll, in krist. Schiefern	schwer schmelzbar, von Säuren nicht angegriffen
glasartig, matt	rötlich bis braunschw.	3,6	oft Kreuzzwillinge	in Urtonschiefern m. Cyanit, Almandin	unschmelzbar, in Säuren unlöslich
diamantartig, fettartig	gelb, braun, rötlich,	4,6	rot: Hyazinth durchscheinend	in erupt. Gesteinen Granit, Basalt	unschmelzbar, entfärbt sich
glasartig, matt	weiß, gelb, grünlich	2,7	grün: Smaragd, blaugrün: Aquamarin	in Glimmerschiefer mit Zinnstein	fast unschmelzbar, in Säuren unlöslich
glasartig	rot, grün, schwarz	3,6	oft Zwill., meist gute Kriställchen	im Urkalk mit Augit, Glimmer	unschmelzbar, unlöslich in Säuren
glasartig, auf der Basis perlmuttera.	gelb, rötlich weiß	3,5	Kr. schön ausgebildet u. flächenreich	im Urschiefer mit Schörl, Zinnstein	gibt im Glasröhrchen m. Phosphorsalz HF
glasartig matt	grau, blau, rot	3,9	rot: Rubin, blau: Saphir unrein: Smirgel	im Kalk und Granit und in Seifen	unschmelzbar, unlöslich in Säuren
diamantartig, matt	farblos, gelblich	3,5	oft rundl. Körner, oft Zwillinge	in vulk. Gestein, in Seifen	unschmelzbar, dünne Splitter verbrennen v. d. L.

III. Abschnitt.

Gesteinslehre oder Petrographie.[1]

Als Gesteine bezeichnet man alle Mineralmassen, welche einen wesentlichen Bestandteil der Erdkruste bilden. Die Gesteine bestehen entweder aus einem einzigen Mineral = einfache Gesteine, oder sind aus mehreren Mineralien zusammengesetzt = gemengte Gesteine. Die einfachen Gesteine sind schon bei den betreffenden Mineralien beschrieben worden, z. B. der Kalkstein, das Kochsalz, der Gips, der Ton, der Serpentin u. s. w., deswegen sind hier nur noch die gemengten Gesteine zu betrachten.

Sämtliche Gesteine teilen wir nach ihrer Entstehung in drei Gruppen ein, in Erstarrungsgesteine, in sedimentäre Gesteine und in kristallinische Schiefer:

1. Die Erstarrungsgesteine sind aus dem Schmelzflusse erstarrt, sie werden nach ihrer Textur*) auch massige Gesteine genannt.

2. Die Sedimentgesteine sind durch Ablagerung entstanden und deswegen geschichtet = Schichtgesteine (Trümmer-Textur).

3. Die kristallinischen Schiefer sind durch Umwandlung, teils von massigen Gesteinen, teils von Sedimentgesteinen gebildet worden. Sie unterscheiden sich gegenüber den ersteren durch die schiefrige Textur und gegenüber den letzteren durch das Fehlen von Petrefakten.

I. Erstarrungsgesteine.

(Massige, plutonische und vulkanische Gesteine).

Die massigen Gesteine sind aus dem Schmelzfluß, dem feuerflüssigen Magma,[2]) erstarrt und sind, weil in allen Richtungen gleichartig ausgebildet, von massiger Textur; aber sie zeigen je nach dem Orte der Erstarrung eine verschiedene Struktur**) und darnach unterscheidet man:

1. Tiefengesteine. Diese sind in großer Tiefe unter gleichmäßigem Drucke durch langsame Abkühlung fest geworden, so daß sie erst durch spätere Erosion bloßgelegt und der Forschung zugänglich wurden. Sie bilden Stöcke oder Kerne (Granitstock, Dioritstock). Ihre Struktur ist entsprechend den sich gleichbleibenden Entstehungsbedingungen eine gleichmäßig körnige = granitische.

2. Lager- und Ganggesteine. Wenn das Magma die Erdkruste durchbrach, so bildete es Gänge (Porphyrgang, Melaphyrgang)

---

*) Textur bezieht sich auf das Gefüge der Mineralaggregate im Großen: massige, schiefrige, faserige Textur (lat. textúra = Gewebe, Geflecht). — **) Struktur bezieht sich auf das Gefüge im Mineralaggregat selbst im Kleinen: gleichmäßig körnige, porphyrische, glasige Struktur (lat. struktúra = Zusammenfügung, Gefüge), so hat der Granit massige Textur, aber körnige Struktur.

[1]) griech. pétra = Fels, grápho = ich beschreibe. — [2]) griech. mágma = Teig.

(Fig. 162), wenn dasselbe in großen Massen zwischen den Schichtgesteinen erstarrte, entstanden Lager und Lakkolithen[1]) (Rokky Monntains Fig. 163, Süd-Patagonien). Infolge schnellerer Abkühlung als bei den Tiefengesteinen,

Fig. 162. Melaphyrgang bei Zderetz, nach oben sich deckenförmig ausbreitend. (Riesengebirge, Böhmen).

Fig. 163. Lakkolith mit Gängen (nach Gilbert).

schieden sich aus dem Magma einige Mineralien zuerst in größeren Kristallen als Einsprenglinge aus, während die übrige Magmasubstanz nachher als feinkörnige Grundmasse erstarrte = porphyrische Struktur.

3. Ergußgesteine. Wenn das Magma die Erdoberfläche erreichte, ergoß es sich in Decken oder Strömen (Melaphyrdecke, Basaltstrom, Lavastrom), oder es bildete kegelartig sich auftürmende Kuppen (Porphyrkuppe, Basaltkuppe) Fig. 164. Diese Gesteine erstarrten auch porphyrisch, da die Abkühlung aber noch schneller vor sich ging, als bei den Ganggesteinen, konnte die Grundmasse nicht mehr vollständig auskristallisieren, sondern ein Teil erstarrte in mikroskopisch kleinen Partikeln glasartig. Deswegen nennt man diese Struktur hemikristallinporphyrisch[2]), während die Ganggesteine holokristallinporphyrisch ausgebildet sind, dieser Unterschied kann oft nur mit Hilfe des Mikroskopes am Gesteinsdünnschliff festgestellt werden. Wenn die Abkühlung noch schneller z. B. durch Wasser vor sich ging, erstarrte alles glasig = vulkanisches Glas (Obsidian, Bimsstein).

Fig. 164. Eine Quellkuppe (nach Reyer.)

Es besteht also ein enger Zusammenhang zwischen Erstarrungsform und Lagerungsweise der Massengesteine, wie aus der nachfolgenden schematischen Zeichnung (Fig. 165) hervorgeht.

Die wichtigsten Massengesteine reihen sich folgenderweise unter die drei Gruppen ein:

1. Tiefengesteine: Granit, Syenit, Diorit, Gabbro;
2. Ganggesteine: Granitporphyr, Diabas.

---

[1]) griech. lákkos = Grube, Vergrabenes. — [2]) griech. hémi = halb, hólos = ganz.

3. Ergußgesteine alte: Porphyre, Porphyrite, Melaphyr;
junge: Trachyt, Phonolith, Basalt.

Fig. 165. Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Tiefen-, Gang- und Ergußgestein.

Die ersten beiden Gruppen werden auch, weil sie unter der Erdoberfläche erstarrten, plutonische Gesteine, und die Ergußgesteine, weil sie durch das Auftreten der Vulkane bedingt sind, vulkanische Gesteine genannt. Die letzteren werden wieder nach dem Alter ihrer Entstehung in alte und junge Ergußgesteine unterschieden; jene umfassen alle Ausbrüche von den ältesten Zeiten bis zur letzten Hauptperiode der Erdgeschichte, der Tertiärzeit, zu diesen gehören die Ergußgesteine von der Tertiärzeit bis zur Gegenwart.

A. Tiefengesteine.

(Auftreten in Stöcken und Kernen, Struktur gleichmäßig körnig).

1. Der Granit[1]) ist ein gleichmäßig körniges Gestein, bestehend aus Feldspat, Quarz und Glimmer. Als nicht wesentliche Bestandteile (accessorisch[2]) finden sich meistens Apatit- und Magnetitkriställchen. Der Feldspat ist vorherrschend Orthoklas, seltener Oligoklas, und bestimmt durch seine Farbe: rot, gelb, weiß oder grün die Farbe des ganzen Gesteins. Seine Körner sind an ihren schön glänzenden Spaltflächen leicht zu erkennen. Die Glimmerblättchen gehören entweder dem hellen Kaliglimmer oder dem dunklen Magnesiaglimmer an; sind beide da, so nennt man das Gestein zweiglimmerigen Granit; die Quarzkörner zeigen auf den Bruchflächen den charakteristischen Fettglanz. Wird der Granit sehr grobkörnig, so entsteht der Riesengranit oder Pegmatit[3]), dieser enthält oft Kristalle anderer Mineralien, wie Turmalin, Granat, Topas u. s. w. Die großen Feldspatkristalle werden zur Porzellanfabrikation und die Glimmertafeln

[1]) lat. grānum = das Korn. — [2]) lat. accessus (v. accedere) = Zutritt (hinzutreten). — [3]) griech. pegma = Schriftzeichen (Schriftgranit).

als „russisches Glas“ verwendet, so am Ural, in Norwegen und in Pisek in Böhmen. Ist der Granit sehr feinkörnig und glimmerarm, so heißt man diese helle Varietät Aplit[1]) (Aplitgänge in den Alpen: Piz Giuf, an der Grimsel, bei Bellinzona im Gneis.)

Vorkommen. Der Granit ist das verbreitetste und wichtigste Glied der Erstarrungsgesteine. Er bildet vielerorts die Hauptmasse von ganzen Gebirgen, Gebirgsgranit, so im Schwarzwald (Tiefenstein), in den Vogesen, im Böhmerwald, in Schweden und findet sich sonst große Stöcke bildend. Weil er oft den Untergrund weiter Landmassen bildet, hat man ihn vielfach als erstes Erstarrungsgestein beim Festwerden der Erdrinde betrachtet. In der Schweiz ist der eigentliche Granit selten, der sogenannte Alpengranit ist seiner Schieferung wegen zum Gneis zu zählen (s. S. 126.) Ächter Granit tritt auf am Julier (mit grünem Feldspat), am Puntaiglas-Gletscher (mit großen weißen Feldspäten), am Piz Ner (Hornblendegranit), im Gasterntal, im Mont-Blanc-Massiv. Als sogenannter exotischer Granit findet er sich rot, braun oder auch grün gefärbt in der bunten Nagelfluh des Roßberg, des Rigi, bei Gonten am Thunersee und in großen Blöcken mit rotem Feldspat im Habkerntal (Luegibodenblock 10.000 m^3). In anderen Teilen der Alpen ist der Granit häufiger, so bei Baveno am Lago maggiore, am Adamello, bei Meran und im Fassatale, hier zum periadriatischen Randbogen gehörend.

Der Granit wird als sehr dauerhafter Baustein und Pflasterstein (Wien), und wenn er gefärbt ist, zu Zierbauten und Monumenten verwendet: Bavenoergranit (Zürich: Kantonalbank, Sommerau, Metropol), Schwarzwaldgranit, schwedischer Granit.

2. Der Syenit[2]) ist ein körniges Gestein, das nur Orthoklas und Hornblende und keinen Quarz enthält. Der Feldspat ist meist rot oder grau und die Hornblende dunkelgrün bis schwarz. Im Nephelinsyenit ist die Hornblende durch Nephelin ersetzt. Der Syenit tritt meistens mit dem Granit vergesellschaftet, aber immer nur in beschränkter Ausdehnung auf, so in der Schweiz mit dem Juliergranit, im Aarmassiv am Piz Giuf. Bekannt sind die dunklen Syenite von Schweden, die viel zu Grabsteinen verwendet werden.

3. Der Diorit[3]) ist dem Syenit sehr ähnlich; aber er enthält neben der Hornblende Plagioklas anstatt Orthoklas. Er sieht meist dunkelgrün gesprenkelt aus, da man die grünen Hornblendekristalle in dem weißen Feldspatgestein deutlich erkennen kann. Der Diorit bildet Stöcke in Tirol, Fichtelgebirge, in Böhmen bei Příbram. In der Schweiz findet man in den Alpen an mehreren Stellen dioritartige Gesteine, die aber meist ein wenig geschiefert sind (Dioritschiefer), so im Kt. Graubünden (Dissentis) und im Wallis. Häufig bildet er als sogenannter Lamprophyr[4]) in hellerem Granit oder Protogin, dunklere feinkörnige Gänge (Intrusionen[5]) (Schwarzwald).

Sehr feinkörnige Syenite, Diorite und Diabase hat man auch „Grünsteine“ genannt. Hier kann nur das Mikroskop entscheiden.

---

[1]) griech. aplois = einfach (weil fast rein weiß.) — [2]) Nach der Stadt Syéne (Assuan) in Ägypten, wo ein „Syenit“ genannter Hornblendegranit vorkommt. — [3]) griech. diorízein = unterscheiden (zwei Mineralien.) — [4]) griech. lampros = leuchtend (hervorleuchtend aus dem hellen Gestein.) — [5]) lat. intrudere = eindringen.

4. Der Gabbro[1]) stellt ein gleichmäßig körniges Gemenge von Plagioklas und Diallag dar. Er ist oft recht grobkörnig und dann hebt sich der weißliche Feldspat schön von dem braun glänzenden Diallag ab. Ist der letztere durch den grasgrünen Smaragdit ersetzt, so nennt man das Gestein Smaragditgabbro (Allalinhorn im Saastal). In der Schweiz haben wir noch am Mt. Colon, am Matterhorn und bei Marmels im Oberhalbstein Gabbro. Große Stöcke finden sich im Harz, in Sachsen und Schlesien.

B. Ganggesteine.

(Auftreten in Gängen und Lagern, Struktur holokristallin-porphyrisch.)

Die Ganggesteine unterscheiden sich von den Tiefengesteinen nur durch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte, porphyrische Struktur, indem das eine oder andere Mineral in größeren Kristallen in einer feinkörnigeren Grundmasse vorkommt. So entspricht in seiner mineralogischen Zusammensetzung der Granitporphyr dem Granit, der Syenitporphyr dem Syenit und der Dioritporphyrit dem Diorit, und meistens finden sich auch die entsprechenden Gesteine in der Natur beieinander, indem entweder die Porphyre die Tiefengesteine durchbrechen oder von ihnen aus ihren Anfang nehmen.

Der Diabas[2]) verhält sich, obgleich dem Gabbro verwandt, etwas anders. Er zeigt ein ziemlich gleichmäßiges Gefüge von weißem Plagioklas und dunkelgrünem Augit und sieht deshalb dem Diorit sehr ähnlich. Seine porphyrischen Ausbildungen heißen Augitporphyrit (Südtirol) und Labradorporphyrit (Südvogesen), denn alle, nicht Orthoklas enthaltenden, porphyrischen Gesteine nennt man Porphyrite.

Die Ganggesteine sind naturgemäß wenig verbreitet und finden deshalb auch selten Verwendung. Sie sind das Bindeglied zwischen den Tiefen- und den Ergußgesteinen.

C. Ergußgesteine.

(Vorkommen in Decken, Strömen und Kuppen; Struktur hemikristallin-porphyrisch.)

a) Alte Ergußgesteine.

1. Die eigentlichen Porphyre sind die häufigsten der alten Ergußgesteine. Sie haben eine feinkörnige bis dichte Grundmasse, die stets neben den mikroskopisch kleinen Kristallen noch unkristallisierte Glasmasse aufweist und meist gelb, braun oder rot gefärbt ist, daher der Name[3]). Nach den Einsprenglingen unterscheidet man Quarzporphyr und Feldspatporphyr, jener dem Granit und dieser dem Syenit

[1]) Trivialname der Umgegend von Florenz. — [2]) griech. diábasis = Übergang, nämlich zu Basalt. — [3]) griech. porphýra = Purpur.

entsprechend. Bei glasiger Erstarrung liefert das Porphyrmagma Pechstein (bei Meißen und Freiberg).

Der Porphyr ist in altvulkanischen Gebieten häufig, so im Schwarzwald (Feldberg), in den Vogesen (Rothüttelporphyr), ferner am Südrande der Alpen bei Lugano und bei Bozen. Ein merkwürdiger brauner oder grüner Quarzporphyr ist derjenige der Windgälle, auch bei Filisur (Kt. Graubünden) findet man einen Quarzporphyr, ebenso in der Rofnaschlucht. Viele Porphyre zeigen geschliffen ein schön dekoratives[1] Bild und sind deshalb als Steine für Schmuckbauten sehr gesucht.

2. Die Porphyrite sind die den Porphyren entsprechenden Plagioklas-haltigen alten Ergußgesteine; nach den Einsprenglingen unterscheidet man Quarz-, Hornblende- oder Glimmerporphyrit.

3. Der Melaphyr[2] ist das vortertiäre Ergußgestein eines diabasischen Magmas. Die dichte, teilweise glasige Grundmasse enthält als seltene Einsprenglinge Plagioklas, Augit und Olivin. Die dunkel grün-braune bis schwarze Farbe wird durch einen großen Gehalt von Magnetit bedingt. Häufig zeigt der Melaphyr Blasen, die durch spätere Neubildungen wie Quarz oder Zeolithe ausgefüllt wurden (Mandelsteine, Achatdrusen), so bei Turnau in Böhmen, bei Oberstein im Nahetale.

Der Melaphyr findet sich ferner noch in Südtirol, bei Ilfeld im Harz. Auch in der Schweiz hat man einen durch Zersetzung und Druckeinwirkungen stark veränderten Melaphyr am Kärpfstock gefunden, er ist von violettbrauner Färbung und vielfach von grünen chloritischen Adern durchzogen, und bildet im Lintherratikum einige große Findlinge (Pflugstein), auch bei Oberiberg findet sich Melaphyr als Klippengestein. S. 188.

b) Junge Ergußgesteine.

1. Der Trachyt[3] ist das sauerste von den neuen Ergußgesteinen. In der graulichweißen, hemikristallinen Grundmasse finden sich Einsprenglinge von Orthoklas (Sanidin), Hornblende und Glimmer, so am Drachenfels im Siebengebirge, Mt. Dore und Puy de Dôme in der Auvergne und auf Ischia. Enthält er noch freien Quarz, so heißt er Quarztrachyt oder Liparit, auf den liparischen Inseln. Der Trachyt wird als Baustein verwendet: Kölner Dom.

2. Der Phonolith[4] oder Klingstein hat eine grünlichgraue bis braune, hemikristalline Grundmasse, bestehend aus Sanidin, Augit und Nephelin; in derselben ist stets das eine oder andere oder mehrere dieser Mineralien, oft zugleich mit Leucit, in größeren Kristallen ausgebildet. Der Phonolith ist häufig in Platten erstarrt, welche beim Anschlagen einen hellen Ton von sich geben (Name).

Er wird viel zu Bodenplatten und Signalen in Bergwerken, in der Auvergne allgemein zu Dachplatten verwendet. Meist bildet der Phonolith große kuppenartige Bergkegel, wie den Mileschauer und den Teplitzer Schloßberg in Böhmen, den

---

[1] lat. decórum = zierlich, schmuckvoll. — [2] griech. mélas = schwarz. — [3] griech. trachýs = rauh (anzufühlen). — [4] griech. phoné = Klang, líthos = Stein.

Hohentwiel (Fig. 166) und Mägdeberg im Hegau, den Puy Griou in der Auvergne und einen Teil des Kaiserstuhls bei Freiburg i. B.

3. Der Andesit ist ein hellgraues Gestein, welches Hornblende, Glimmer und Plagioklas (meist Andesin) enthält, er entspricht daher dem Tiefengestein Diorit. Die großen Vulkane der Anden bestehen zumeist aus Andesit: Chimborazzo, Cotopaxi u. s. w., auch im Siebengebirge und Oberungarn tritt er auf.

Fig. 166. Der Hohentwiel. (Nach einer Photographie.)

4. Der Basalt[1]) ist ein dunkelgraues bis schwarzes Gestein und enthält, gleich wie der ihm entsprechende vortertiäre Melaphyr, in der meist dichten Grundmasse Plagioklas, Augit, Magnetit und Olivin. In derselben porphyrisch ausgebildet, finden sich oft Augitkristalle und fast immer Olivin in Körnern. Wenn der Basalt grobkörnig ist, heißt er Dolerit[2]) (Kaiserstuhl). Der Basalt erstarrt häufig in sechs- und fünfseitigen Säulen, so bildet er die schöne Fingalsgrotte auf der Insel Staffa (eine der Hebriden Fig. 167), die Säulen auf den Hohenstoffeln (Hegau), und bei Murat (Auvergne).

Der Basalt bildet wie der Phonolith meist Kegelberge, so im Hegau (Hohenstoffeln und Hohenhöwen), in der Eifel, im Kaiserstuhl, in der Auvergne (Puy de Dôme), und in Böhmen (Ziegenberg).

---

[1]) afrik. lat. basáltes = schwarzer Stein. — [2]) griech. dóleros = trügerisch (weil sonst nicht körnig).

Das Material der gegenwärtigen Eruptionen ist teils basaltische (Ätna, Hekla), teils trachytische (Stromboli), teils andesitische (Mont Pelée) Lava. Nach den porphyrischen Einsprenglingen unterscheidet man auch Augitlava, Leucitlava (Vesuv).

5. Obsidian[1]) und Bimstein. Wenn die neuen Ergußgesteine sehr schnell erstarren, so liefern sie auch, wie die vortertiären, vulkanisches Glas, sogenannten Obsidian, der vollständig amorph ist. Am häufigsten tritt Trachyt-Obsidian auf (liparische Inseln, bei Andernach am Rhein).

Fig. 167. Basaltsäulen in der Fingalsgrotte auf der Insel Staffa.

Zeigt der Obsidian kleine kugelige Absonderungen, so heißt er Perlit (Schemnitz, Euganeen). Ist er von vielen kleinen und größeren Blasen, die von entweichenden Gasen herrühren, durchsetzt, so nennt man das Gestein Bimstein. Derselbe wird als vorzügliches Polier- und Schleifmaterial benutzt, man bezieht ihn von den Inseln Santorin und Lipari.

Während bei den alten Ergußgesteinen der glasige Pechstein sich nur selten findet, sind, entsprechend der schwachen Abwitterung der nachtertiären Gesteine, Obsidian und Bimstein häufiger. Ähnlich verhält es sich mit den Tuffen.

6. Vulkanische Tuffe. Die großen Massen von Asche, von kleineren und größeren Gesteintrümmern, die von den Vulkanen aus-

[1]) Nach dem Römer Obsidius, der das Gestein zuerst nach Rom brachte.

geworfen werden (s. S. 165), sind häufig vom Wasser zusammengeschwemmt und zu Tuffen verkittet worden. Entsprechend ihrer Entstehung ist die Zusammensetzung der Tuffe eine höchst mannigfaltige; man unterscheidet nach dem Hauptmaterial Trachyt-, Phonolith- und Basalt-Tuff. Durch tiefeingreifende Verwitterungs-Erscheinungen ist er oft bis zur Unkenntlichkeit und völligem Zerfall zersetzt, und sein Aussehen daher ein sehr wechselvolles.

Die Tuffe finden sich an allen oben aufgeführten Fundorten neuvulkanischer Gesteine. Ein zur Zementgewinnung verwendeter Bimsteintuff ist der Traß vom Laacher-See. Ein eigentümlicher, submariner Diabas-Tuff ist der sogenannte Taveyannaz-Sandstein, der sich auf der Alpe Taveyannaz an der Diablerets, ferner häufig im Berneroberland (Dallenfluh ob Merligen, Kiental) und in den Glarneralpen (am Scheerhorn, Saurenstock und Hausstock) überall im Flysch findet. Er sieht grünlich aus mit dunklen Flecken und ist fein gesprenkelt.

Alle Ergußgesteine seit der Eocaenzeit sind dem Schweizerboden völlig fremd.

Übersicht der Massengesteine.

Sämtliche Massengesteine lassen sich in einer Tabelle übersichtlich zusammenstellen, so daß die genetischen und die mineralogischen Bezeichnungen aller Erstarrungsgesteine zum Ausdrucke kommen. In den Vertikalreihen sind jeweilen diejenigen Gesteine aufgeführt, die aus demselben Magma entstanden sind, und zwar gibt die Kolonne links die Struktur und die Kolonne rechts das geologische Auftreten an. So sehen wir, daß z. B. aus einem granitischen Magma entweder Granit, Granitporphyr, Quarzporphyr, Quarztrachyt oder Pechstein entstehen kann, je nach den Erstarrungsbedingungen; daraus geht auch hervor, daß ein allmähliger Übergang zwischen granitischer, porphyrischer und glasiger Struktur vorhanden sein muß.

Die mineralogische Zusammensetzung zeigt, daß bei der Betrachtung der massigen Gesteine namentlich die Feldspäte und der Quarz ausschlaggebend sind. Die chemische Zusammensetzung zeigt, wie der Kieselsäuregehalt von links nach rechts stetig abnimmt, so daß also der Granit das sauerste und der Gabbro das basischste Tiefengestein ist; umgekehrt verhält sich der Eisengehalt, während in den sauersten Gliedern nur etwa 2% Eisen vorhanden sind, finden wir rechts bis 10%, dadurch wird auch die immer dunkler werdende Farbe bedingt. Die Farbe ist deswegen ein vorzügliches Orientierungsmittel bei der Bestimmung der Massengesteine, welche nach nebenstehender Tabelle vorgenommen werden kann. Zur genauen Bestimmung aber ist die Untersuchung im Polarisationsmikroskop notwendig (s. S. 24).

Übersicht der Massengesteine (nach Grubenmann).

Struktur	Wichtigste Vertreter					Geologisches Auftreten	
amorph glasig	**Pechstein, Obsidian, Bimstein**					oberflächlich	
hemikristallin-porphyrisch	**Quarz-trachyt**	**Trachyt**	**Phonolith**	**Andesit**	**Basalt**	jung	Ergußgesteine (Decken, Ströme, Kuppen)
	Quarz-Porphyr	**Porphyr**	—	**Porphyrit**	**Melaphyr**	alt	
holokristallin-porphyrisch	**Granit-porphyr**	**Syenit-porphyr**	—	**Diorit-porphyrit**	**Diabas**	Lager und Ganggesteine	
gleichmäßig körnig	**Granit**	**Syenit**	**Nephelin-Syenit**	**Diorit**	**Gabbro**	Tiefengesteine (Stöcke, Kerne)	
Mineralogische Zusammensetzung	mit Quarz	ohne Quarz	mit Nephelin u. Leucit	mit oder ohne Quarz	mit oder ohne Olivin	**Mineralogische** Zusammensetzung	
	mit Glimmer, Hornblende oder Augit						
	Orthoklasgesteine			Plagioklasgesteine			
Chemische Zusammensetzung	SiO_2 80 % .... 65 % .... 45 % SiO_2 *Fe* 2 % .... 5 % .... 10 % *Fe* *K*....*K* und *Na*....*Na* und *Ca*.... *Na, Ca, Mg*					**Chemische** Zusammensetzung	
Farbe	hell .... dunkler .... schwärzlich					**Farbe**	

II. Kristallinische Schiefer.

Die kristallinischen Schiefer bilden ein Bindeglied zwischen den Massengesteinen und den Sedimentgesteinen. Sie haben eine ausgezeichnet schiefrige Textur, bedingt durch die Parallel-Lagerung ihrer blättrigen Gemengteile (Glimmer, Chlorit, Talk oder Graphit). Dieselbe ist hervorgerufen worden durch den starken Druck, welchem diese Gesteine ausgesetzt wurden, indem sich nämlich die blätterigen Mineralien senkrecht zur Richtung des Druckes stellten. Sowohl ursprüngliche Erstarrungs- als auch Sedimentgesteine sind dieser Umwandlung in weiter Erstreckung unterworfen worden (Regionalmetamorphose), sodaß die kristallinischen Schiefer den weitaus größten Anteil am Aufbau der uns bekannten Erdrinde haben. Die schieferige Textur unterscheidet die

kristallinischen Schiefer von den Massengesteinen, mit denen die ältern Gneise große Verwandtschaft haben, und die Petrefaktenlosigkeit grenzt die kristallinischen Schiefer gegen die eigentlichen Sedimente ab, mit denen ihrerseits die jüngeren Tonschiefer sehr große Übereinstimmung zeigen, stellenweise sogar in dieselben übergehen. Daher müssen wir z. B. die, zwar auch durch Druck veränderten, Glarner- und Bündnerschiefer zu den eigentlichen Sedimenten zählen, weil sie Petrefakten führen.

Wir betrachten die kristallinischen Schiefer in ihrer Reihenfolge von unten nach oben:

1. Der Gneis, als ältestes und unterstes Glied der kristallinischen Schiefer, besteht, wie der Granit, aus Feldspat, Quarz und Glimmer und unterscheidet sich von diesem nur durch die schieferige Textur, welche namentlich durch die parallel gelagerten Glimmerblättchen bedingt ist. Je nach der Deutlichkeit der Schieferung unterscheidet man in den Alpen: Protogin, eigentlichen Gneis und Sericit-Gneis.

a) Der Granit-Gneis oder Protogin[1]) findet sich in mächtigen Bänken, bei denen man die Schichtung nur undeutlich wahrnehmen kann, im Kern der Alpen massenhaft; wegen seiner Granit-Ähnlichkeit nennt man ihn auch etwa Alpengranit (Gotthardgranit, Grimselgranit, Montblanc-Granit), Arkesin von der Dent Blanche (talkhaltig). Man hat den Protogin, weil er fast massige Textur zeigt und in den Alpen als tiefstes Glied auftritt, als erste Erstarrungskruste der Erde betrachtet und die schwache Schieferung durch nachherige Druckwirkung erklärt.

b) Der eigentliche Gneis, dessen Schieferung schon an kleinen Handstücken gut zu erkennen ist, überlagert in den Alpen stets den Protogin, und letzterer geht durch immer deutlicher werdende Schieferung in diesen über. Wenn der Gneis große Feldspat- und Quarzlinsen enthält, heißt er Augengneis (Grimsel, Fibbia, Rofna-Schlucht, aus Porphyr entstanden; s. S. 182). Durch Hinzutreten eines besondere Gemengteils erhält man Hornblende-, Chlorit-, Talk-Gneis. Der eigentliche Gneis kommt überall, wo die alten Massengesteine sich finden, vor (Schwarzwald, Vogesen, böhmische Masse, ebenso in großer Ausdehnung in den Alpen).

c) Der Sericitgneis[2]) ist durch einen grünlichen, seidenartig[2]) glänzenden Kaliglimmer ausgezeichnet, der sich den andern Mineralien anschmiegt und deswegen nicht ebene, sondern wellig gebogene Blättchen zeigt. Der Sericitgneis hat infolgedessen meist keine vollkommene Parallelschieferung, sondern zeigt eine flaserige Textur. Der Sericitgneis folgt bei den Zentralmassiven der Alpen über dem eigentlichen Gneis und ist deswegen ein verbreitetes Gestein.

d) Der Konglomeratgneis läßt noch seine Trümmertextur erkennen und findet sich selten (Schwarzwald, Gotthard zum Teil, Possendorf bei Dresden).

Verwendung. Die Gneise werden an mehreren Stellen (Gurtnellen, Wasen, Osogna) ausgebeutet und zu Trottoir-Randsteinen (Zürich), Fundamentbauten (Parlamentsgebäude, Bern), und zu Treppen verwendet. Ferner werden Gneisplatten viel zu Boden- und Dachbeleg, im Tessin zu Rebgeländestützen, Telegraphenstangen, Gotthardbahneinfriedung benutzt.

2. Der Glimmerschiefer ist ein fein schieferiges Gestein aus Glimmer und Quarz. Ist der Glimmer Natronglimmer, so heißt das Gestein Paragonitschiefer (am Gotthard mit Disthen und Staurolith).

---

[1]) griech. prótos = der erste, genáo = ich erzeuge. — [2]) lat. séricum = Seide.

Die Glimmerschiefer überlagern die Gneise in weiter Ausdehnung und gehen oft nach unten durch einen sich mehrenden Feldspatgehalt in dieselben über, während nach oben eine große Zahl ähnlicher, durch Hervortreten anderer Mineralien charakterisierter Gesteine sich anschließen wie Chloritschiefer, Talkschiefer, Hornblendeschiefer, Dioritschiefer u. s. w., die häufig noch akzessorisch[1]) Kristalle anderer Mineralien, wie Granat, Turmalin, Magnetit enthalten.

3. Die Urtonschiefer oder Phyllite[2]) sind sehr feinschieferige, blätterige Gesteine mit großem Tongehalt. Durch Auftreten kleiner Quarzlinsen entsteht der Quarzphyllit, durch Kalkeinlagerungen der Kalkphyllit und durch zunehmenden Kieselgehalt werden die Urtonschiefer, ebenfalls wie die echten Sedimenttonschiefer, zu Tafel- und Dachschiefer geeignet. Häufig hat das Gestein einen starken Glanz, der durch Sericit- oder Graphitblättchen bedingt ist und fühlt sich dann fettig an; solche Glanzschiefer und Graphitschiefer bilden vielerorts in den Alpen die Grenzzone zwischen den kristallinischen Schiefern und den Sedimenten (Bedrettomulde, Simplon) und sind zweifellos aus früheren Sedimenten der Carbon-, Trias- oder Jurazeit entstanden.

Die kristallinischen Schiefer liefern die Gesteine zum Aufbau der Zentralmassive der Alpen und bilden so den Kern des Alpenkörpers.

III. Sediment- oder Trümmergesteine.

Die Trümmergesteine bestehen aus größeren oder kleineren Stücken anderer Gesteine und zeigen deshalb meist große Variationen in ihrer Zusammensetzung. Sind die einzelnen Bestandteile nicht mit einander verbunden, so spricht man von losen, im anderen Falle von festen Trümmergesteinen, sind sie zum Teil oder ganz aus organischen Überresten bestehend, so nennen wir sie organogene Sedimente. (Trümmertextur.)

a) Lose Trümmergesteine.

1. Der Gebirgsschutt setzt sich aus den eckigen Gesteinstücken zusammen, die durch die Verwitterung im Gebirge abgesprengt werden und oft große Schutthalden und Schuttkegel bilden. Hieher gehören auch die Moränen, welche aus Gebirgsschutt bestehen, der vom Gletscher abgelagert worden ist.

2. Gerölle und Geschiebe werden die vom Flusse transportierten und abgerundeten größeren und kleineren Gesteinstücke genannt. Solche Gerölle bedecken große Teile des schweizerischen Flachlandes und die Talsohlen aller größeren Flußtäler (Flußterrassen, Schotterterrassen).

3. Der Sand besteht zumeist aus kleinen Quarzkörnchen, die entweder aus den beim Transport im Wasser zerschlagenen und zerriebenen Gesteinen entstanden sind (Flußsand), oder vom Winde zusammengeweht worden sind (Treibsand, Dünensand). Oft enthalten die Flußsande wertvolle Mineralien, wie Gold, Platin, Edelsteine, man nennt sie dann Seifen (Goldseifen, Diamantseifen).

[1]) lat. accessus (v. accedere) = Zutritt (hinzutreten). — [2]) griech. phýllon = das Blatt.

4. Der Schlamm ist, wie der Sand, das Produkt immer weitergehender mechanischer Zerkleinerung der Gerölle; die härteren Mineralien (Quarz, Edelkiesel) widerstehen besser und liefern den Sand, die weicheren (Ton, Kalk) werden zu ganz feinem Schlamm zerrieben. Dieser wird von den Flüssen in ihrem Unterlaufe und an der Mündung in großen Mengen abgelagert (Delta).

5. Die Ackererde oder Dammerde (Humus) entsteht durch Zersetzung der verschiedensten Gesteine und enthält immer eine kleinere oder größere Quantität vermodernder organischer Substanz, wodurch sie eine dunkle Farbe bekommt, (Fig. 168). Sie bedeckt oberflächlich den größten Teil des Festlandes, die sogenannte produktive Bodenfläche, und ist daher die Grundlage des Acker-, Wiesen- und Waldbaues. Ihr Gehalt an Pflanzennährstoffen bedingt die Fruchtbarkeit des Bodens. Um dieselbe zu vergrößern, werden der Ackererde verwesende organische Stoffe (Dünger) beigemengt, oder es werden mineralische Bestandteile, sogenannte Nährsalze wie Phosphate, Kalisalze, Nitrate, oder Gips, auf's Land gestreut (Kunstdüngung).

Fig. 168. Bildung der Dammerde.
a) feste Gesteinsschichten, b) verwittertes Gestein, c) Dammerde.

Wenn die oben angeführten, losen Gesteinsmaterialien verkittet werden, so entstehen daraus die festen Trümmergesteine.

b) Feste Trümmergesteine.

1. Die Breccien[1]) bestehen aus verkitteten, nicht gerollten, kantigen Trümmern. Nach den zusammensetzenden Bestandteilen unterscheidet man Marmorbreccie (Untergrindelwaldgletscher), Dolomitbreccie (Zellen-

[1]) ital. breccie = Trümmer.

dolomit im Basler Jura und bei Bex), Knochenbreccie (Thaynger Höhle), Echinodermenbreccie (Brauner Jura der Alpen). Nach der Entstehungsweise werden benannt: Bergsturzbreccie (Flimser Sturz, Sackberg bei Glarus), Moränenbreccie (Höttingen bei Innsbruck), Gehängeschuttbreccie (Jura: Trimbach, Crémines). Viele sind als „bunter Marmor" sehr geschätzt.

2. Die Konglomerate[1]) bestehen aus verkitteten Geröllen und Geschieben und zeigen daher ebenfalls Trümmertextur. Ist das Bindemittel (Mörtel, Zement, Kitt) kohlensaurer Kalk, so heißt das Konglomerat Nagelfluh. Wir unterscheiden erstens diluviale oder löcherige Nagelfluh (Ütliberggipfel, Irchel, Kohlfirst, Karlsruheschotter bei Bern), in welcher sich häufig zwischen den Geröllen noch unausgefüllte Zwischenräume finden, und zweitens tertiäre oder dichte Nagelfluh (Rigi, Napf, Speer, Hörnli, Schänniserberg, Thunerseenagelfluh), in welcher die Geschiebe durch vollständige Verkittung zu einem festen Gestein verbunden sind. (Fig. 169). Die miocäne Nagelfluh ist in der Schweiz oft zu einem beträchtlichen Teile aus Gesteinen gebildet, die nicht mit denjenigen unserer Schweizer-Alpen übereinstimmen, sondern ihnen fremd sind (exotische Granite, Porphyre, Hornsteine), und da diese oft rote, gelbe, grüne Farbe haben, nennt man das Gestein bunte Nagelfluh; bestehen die Gerölle zumeist aus Kalkstein, so heißt es Kalknagelfluh (Appenzeller „Granit").

Fig. 169. Konglomerat.

Ist der Zement kieselig oder tonig-kieselig, so heißt das Konglomerat Grauwacke, weil es meist von grauer Farbe ist; dazu gehören viele alte Sedimente (Niesen, Diablerets, Schwarzwald und Vogesen). In der Schweiz müssen wir die Verrucano-[2])Bildungen: das Sernifit-Konglomerat des Kantons Glarus und das Valorcine-Konglomerat des westlichen Wallis dazu zählen, obschon die Farbe derselben meist rötlich ist.

3. Die Sandsteine bestehen fast nur aus abgerundeten und eckigen Quarzkörnern. Das dieselben verkittende Bindemittel kann Ton, Kalk oder Kiesel oder auch ein Gemenge dieser Zemente sein und bedingt die Festigkeit des Gesteins. Der Sandstein mit Tonzement ist am wenigsten hart, verwittert leicht und ist aus diesem Grunde zum Bauen

---

[1]) conglomerāre = zusammenhäufen. — [2]) Verruca-Höhe bei Pisa.

nicht zu verwenden. Dieser Art ist der in der schweizerischen Hochebene am meisten auftretende Sandstein (Albiskette, Zürichberg, Gurten, Längenberg u. s. w.). Der durch Kalk verkittete Sandstein dagegen ist ziemlich hart und dauerhaft und bildet deswegen ein viel verwendetes Baumaterial, so die Sandsteine von Bäch- und Wollerau am oberen Zürichsee, von Ostermundigen und Bolligen bei Bern, Rooterberg bei Luzern. Die Sandsteine mit Kieselzement sind sehr hart und da sie der Verwitterung sehr gut widerstehen, vorzügliche Bausteine. Zu diesen Kieselsandsteinen gehören die Sandsteine von St. Margarethen, von Herisau und in Deutschland die durch Eisen gefärbten Buntsandsteine (Basler-, Freiburger-, Straßburgermünster, Heidelbergerschloß).

4. Der Tonschiefer besteht der Hauptsache nach aus Ton, enthält aber auch noch andere mikroskopisch kleine Körnchen von Quarz, Hornblendekriställchen oder Glimmerblättchen. Er ist oft ausgezeichnet schieferig (Transversalschieferung), was aber zum kleinern Teil von der Sedimentation, sondern in der Regel von Gebirgsstauung (Dynamometamorphose) herrührt. Von den vielen Schieferarten nennen wir nur:

a) Dach- und Tafelschiefer mit ausgesprochener Transversalschieferung (Pfäffers, Elm und Matt (Kt. Glarus), Attinghausen (Kt. Uri), Frutigen im Berneroberland, Salvan im Wallis).

b) Griffelschiefer mit zweifacher, schief zueinander stehender Schieferung (Elm, Guscha oberhalb Flums, Sonnenberg in Thüringen).

c) Wetzschiefer mit starkem Kieselgehalt: Chamoson (Wallis) und oberstes Simmental, grünlichgrau gefärbt (Ardennen).

d) Kohlenschiefer durch organische Substanzen grau bis schwarz gefärbt findet sich stets bei Kohlenlagern (Käpfnach am Zürichsee).

5. Der Mergel ist ein stark kalkhaltiges Tongestein und bildet so den Übergang von Kalkstein zu Tonschiefer. Er findet sich in verschiedenartiger Ausbildung in der Molasse der Schweiz mit Sandstein wechsellagernd und bedingt vielerorts die Fruchtbarkeit des Bodens. Durch organische Substanzen werden die Mergel grau bis schwarz gefärbt (graue Molassenmergel, schwarze Liasmergel), durch Eisen gelb und rot (bunte Keupermergel).

mit Tonzement:	*Grauwacke*	*Tonsandstein*	*Tonschiefer*
mit Kieselzement:	*Grauwacke*	*Kieselsandstein*	*Wetzschiefer*
mit Kalkzement:	*Nagelfluh*	*Kalksandstein*	*Mergel*
lose Gesteine:	*Geröll*	*Sand*	*Schlamm*

Fluß *Wasserspiegel.*

Fig. 170. Schematische Darstellung der Bildung der Trümmergesteine.

Da die Sedimente durch Ablagerung der Transportmaterialien der Flüsse in einem See- oder Meeresbecken entstanden sind, so finden sich

naturgemäß zwischen den einzelnen aufgeführten Typen immer Übergänge. Dies geht deutlich aus nebenstehender Fig. 170 hervor, welche die Sedimentbildung schematisch darstellen soll.

So kann es vorkommen, daß gleichzeitig entstandene Gesteine, wie Nagelfluh, Sandstein und Tonschiefer ganz verschieden aussehen, das hat man verschiedene Facies[1]) genannt, und die Unterschiede als faciell bezeichnet, z. B. Korallenfacies und Schwammfacies des Jura, Nummulitenfacies, Nagelfluhfacies der Alpen.

c) Organische Sedimente.

Wir verdanken der Tätigkeit der Organismen eine große Zahl von Sedimenten. Über den pflanzlichen Ursprung der Steinkohlen, Braunkohlen, Schieferkohlen u. s. w. haben wir schon früher (S. 81) berichtet.

Auch im offenen Meere gibt es phytogene[2]) Ablagerungen. So bilden die Diatomeen (Spaltalgen) zierliche Gehäuse aus Kieselsäure, welche beim Absterben der Algen auf den Meeresgrund fallen und sich da in großer Menge ansammeln. In dieser Weise entsteht noch in der Gegenwart die Diatomeenerde im Atlantischen und Stillen Ozean (Tiefseeschlamm), aus früherer Zeit stammen die Kieselguhr (Lüneburger Heide, Franzensbad in Böhmen), der Polierschiefer von Bilin in Böhmen (Fig. 171).

Fig. 171. Diatomeen aus Polierschiefer.

Andere Algen scheiden Kalk ab (Kalkalgen); durch sie wurden gebildet die Lithothamnienkalke des Sigriswylgrates (Ralligmarmor oder Merligenstein) und des Leithagebirges (der beste Baustein Wiens), ebenso große Kalksteinmassen im Vicentinischen (Diplopora und Gyroporella) und die Characeenkalksteine von Istrien.

Bedeutender als die phytogenen sind die zoogenen[3]) Ablagerungen; denn ein großer Teil der Kalksteine verdankt seine Entstehung tierischer Tätigkeit.

---

[1]) lat. facies = Antlitz, Aussehen. — [2]) griech. phýton = Pflanze. — [3]) griech. zôon = Tier.

Von den Protozoen sind es namentlich die Foraminiferen, welche in ungeheueren Mengen im Meere ihre mikroskopisch kleinen Gehäuse ablagern, wie sie durch die Tiefseeforschungen als Globigerinenschlamm und Radiolarienschlamm bekannt geworden sind. Die Schreibkreide besteht aus nichts anderem als solchen Foraminiferenschalen, die zu einem lockeren Gestein (Fig. 172) verkittet sind (Insel Rügen, Süd-England, Belgien).

Fig. 172. Kreide von Meudon, stark vergrößert, oben bei durchfallendem, unten bei auffallendem Lichte betrachtet.

Fig. 173. Fossile Foraminiferen *(Nummulites)*, nat. Gr.

Die Nummuliten,[1]) die Riesen unter den Wurzelfüßern, bilden im Tertiär unserer Alpen ganze Bänke. Dieser Nummulitenkalk oder Münzstein (auch Batzenstein) zeigt häufig schöne Quer- und Längsschnitte (Fig. 173) durch die Gehäuse dieser Tiere. (Elm, Schächental, Kette Pilatus-Sigriswylgrat).

Von den Cölenteraten haben sowohl die Schwämme als auch die Korallen viel zur Schichtenbildung beigetragen. So unterscheidet man im Schweizerjura eigentliche Schwammzonen mit eingelagerten Schwammstotzen (Baden, Olten, Sonceboz) und Korallenzonen (Münster, St. Ursanne). Um die häufig mitten aus dem übrigen Gestein herauswitternden Korallenstöcke (Schönenwerd, Frohburg bei Olten, Münstertal) in ihrer Bildung zu verstehen, gehen wir am besten von den jetzigen Koralleninseln aus.

Die riffbildenden Korallen leben nur in tropischen Meeren, weil sie keine Temperaturen unter 18° vertragen; sie können nur in Tiefen von höchstens 60 *m* fortkommen, und sie müssen reines salziges Wasser haben, deswegen meiden sie die Mündungen der Flüsse. Man unterscheidet:

a) Küsten- oder Strandriffe, die sich eng an die Küste anschließen: Ceylon, Florida.

[1]) lat. nūmmus = Münze.

b) Damm- oder Barriereriffe, die durch eine schmale Lagune vom Lande getrennt sind: Nordostküste von Australien, Carolinen.

c) Ringriffe oder Atolle, die ringförmig eine Lagune umschließen. Sie sind häufig zahlreich beieinander, so die Lakkadiven, die Malediven, die Chagos-Gruppe.

Nach Darwin stehen alle diese drei Korallenriffarten mit einander in genetischer Beziehung. Da man nämlich im großen Ozean oft Riffbauten findet, die bis in eine Tiefe von 600 *m* hinunter reichen, hat er den Schluß gezogen, daß diese Stellen einmal höher gelegen sein mußten und sich nachher erst gesenkt haben. So wäre aus einem früheren Küstenriff während der Senkung nach und nach ein Dammriff und zuletzt ein Atoll entstanden, wie (Fig. 174) es veranschaulicht.

Fig. 174. Erste Periode: Küstenriff; zweite Periode: Dammriff; dritte Periode: Atoll.

Da die Korallenriffe stets starke Brandung bedingen, halten sich in ihrer Nähe eine große Zahl Muscheln und Meerschnecken auf, deren Schalen sich beim Absterben mit dem durch die Wogen zertrümmerten Korallensand vermengen und dem Geologen dadurch gute Fundstätten für Petrefakten liefern.

Auch die Echinodermen setzen mit ihren Gehäusen ganze Gesteinsbänke zusammen. Diese Echinodermenbreccien zeigen sehr schön die calcitische Spaltbarkeit der einzelnen Gemengteilchen (bei Walenstadt im Dogger, bei Läufelfingen, Klingnau und Tiefenstein im Muschelkalk).

Die Weichtiergehäuse der Schnecken und Muscheln treten ebenfalls gesteinbildend auf, sie erfüllen oft ganze Gesteinbänke, so die Muschelbänke bei Boltigen im Simmental, die Terebratulalager im Muschelkalk bei Läufelfingen, der Muschelsandstein von Würenlos und am Murtnersee, die Austernbänke am Drusberg und bei Häutlingen bei Münsingen. Der Lyoner- oder Savonnièrestein ist ebenfalls eine Muschelbreccie. Auch Gasteropodenbreccien finden sich hie und da: Solothurnermarmor, Pariser Grobkalk.

Selbst von den Wirbeltieren gibt es große Anhäufungen von Überresten, die Knochenbreccien (Glarnerfische, Saurierüberreste des Jura, diluviale Knochenbreccien in den Höhlen bei Thayngen, Büsserach u. s. w.).

d) Chemische Sedimente.

Aus dem Meer- und Seewasser werden auch chemisch gelöste Stoffe, namentlich Kalk und Kiesel niedergeschlagen (siehe auch S. 51 u. 144). Diese liefern für die übrigen Sedimente den Cement. Da die Festlandsedimente höchstens bis 500 *km* weit in den Ozean hinausreichen, so kommen außerhalb dieser Zone nur organische Überreste mit chemischen Sedimenten zu stande, wie reiner Kalkstein: Jurakalk, Alpenkalk, Dolomit. In einer Tiefe von mehr als 4000 *m* kommt kein Kalk mehr zum Absatz, da bildet sich nur kieselhaltiges Sediment, z. B. Kieselschiefer, Wetzschiefer.

Festlandsedimente, Gerölle, Sand, Schlamm | Organische Reste mit Kalk-Cement | Organische Reste mit Kiesel-Cement

Darstellung der Sedimentation im Ozean. (Tiefenmaßstab stark vergrößert.)

Gestützt auf diese Kenntnisse ist es uns möglich, für irgend ein Sedimentgestein die ungefähre Lage seiner früheren Bildungsstelle anzugeben (siehe Schema).

Übersicht der Sedimentgesteine.

Die in den verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte gebildeten Sedimentgesteine hat man in nachstehende 5 Zeitalter mit den 14 Formationen eingeteilt.

Übersicht der Zeitalter und Formationen.

Periode	Zeitalter	Formationen
V. Neueste Zeit Anthropozoische Periode	V. Quartärzeit	14. Alluvium 13. Diluvium
IV. Neuzeit Känozoische Periode	IV. Tertiärzeit	12. Pliocaen 11. Miocaen 10. Eocaen
III. Mittelalter Mesozoische Periode	III. Sekundärzeit	9. Kreide 8. Jura 7. Trias
II. Altertum Paläozoische Periode	II. Primärzeit	6. Carbon 5. Devon 4. Silur 3. Cambrium
I. Urzeit Azoische Periode	I. Primitivzeit	2. Urschiefer 1. Gneis

Eine genauere Betrachtung dieser Entwicklungsstadien der Erde wird im Schlußkapitel folgen (s. S. 196).

Zweiter Teil: Geologie.

Einleitung.

Die Geologie[1]) ist die Lehre von den Umgestaltungen der Erdoberfläche und dem durch dieselben bedingten Bau der Erdkruste. Sie zeigt uns, daß die Erde nicht immer so war wie heute, sondern sich im Laufe der Zeiten zu dem jetzigen Zustand entwickelt hat. Die Erde muß also als etwas „Gewordenes“ betrachtet werden, und sie hat infolge dessen auch ihre eigene Geschichte. Im nachfolgenden sollen die wesentlichsten Faktoren, welche auf die Erdoberfläche verändernd einwirkten und jetzt noch einwirken, einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

Entweder wurde die Erdkruste von außen durch das Wasser und die Luft umgestaltet = Erosions- und Sedimentations-Erscheinungen, oder sie wurde von innen heraus verändert = vulkanische Wirkungen.

I. Abschnitt.

Erosion und Sedimentation.

Quellen. Unter den Kräften, welche von außen umgestaltend auf die Erdoberfläche einwirken, nimmt das Wasser den ersten Platz ein. Ein großer Teil des Wassers befindet sich in einem beständigen Kreislauf. Das durch die Sonnenwärme verdunstende Wasser steigt in der Atmosphäre in die Höhe und bildet die Wolken, welche als Regen oder Schnee das Wasser der Erde wieder zurückgeben. Von diesem auf die Erde niederfallenden meteorischen Wasser versickert etwa ein Drittel, ein anderes Drittel fließt direkt ab, dem nächsten Bache zu, und das letzte Drittel verdunstet bald nachher wieder; natürlich sind das nur angenäherte Schätzungen, indem die Masse des versickernden Wassers bei Kiesboden sehr groß, bei Lehmboden dagegen ganz klein ist. Das Sickerwasser dringt in den Boden ein und bedingt die auch in den tiefsten Bergwerken beobachtete Bergfeuchtigkeit. Wiewohl alle Gesteine vom Wasser durchdrungen werden können, so unterscheidet man doch die wenig Wasser durchlassenden Gesteine als wasserundurchlässige Schichten (Ton, Mergel), von den vom Wasser leicht passierbaren wasserdurchlässigen Gesteinen (Geröll, Sand, Nagelfluh, Kalkstein). Das Sickerwasser durchfließt die wasserdurchlässigen Gesteine, bis es auf eine undurchdringliche Schicht kommt; auf dieser fließt es in der Richtung des größten Gefälles weiter und kommt am tiefsten Punkte dieser Schicht, wo sie durch die Erosion bloß gelegt ist, als Quelle zum Vorschein.

[1]) griech. géa = Erde, lógos = Lehre.

Man unterscheidet Schuttquellen, Schichtquellen und Spaltquellen.

1. Die Schuttquellen sind bedingt durch eine größere Menge von Schuttmaterial (Bergsturz-, Moränen- oder Gehängeschutt), welches stets leicht wasserdurchlässig ist. Auf einer tonigen Zwischenlage (Moränenquelle, Fig. 175, Bern), oder am tiefsten Punkte der Schuttmasse (Bergsturzquelle, Glarus), quillt das Wasser heraus. Die Schuttquellen liefern gut filtriertes Wasser, sind aber wegen dem meist kleinen Sammelgebiet wenig konstant. In unserem moränenreichen Mittelland werden viele solcher Quellen zu Brunnenanlagen benützt (Kirchberg, Solothurn).

Fig. 175. Moränenquelle.
a Wallmoräne, *b* Grundmoräne.

Fig. 177. Überfallquelle.
a durchlässig, *b* undurchlässig.

Fig. 176. Einfache Schichtquelle.
a durchlässig, *b* undurchlässig.

Fig. 178. Spaltquelle.
a durchlässig, *b* undurchlässig.

2. Die Schichtquellen werden hervorgerufen durch eine unter wasserdurchlässigen Schichten verlaufende wasserundurchlässige Schicht. Bei gleichmäßig geneigten Schichten entsteht die einfache Schichtquelle (Fig. 176), häufig im Molassenland (Murten), in der löcherigen Nagelfluh (Zürich: Sihlsprung, Zug: Lorzetobel), und im Gebirge (Biel); bei gebogenen Schichten entsteht die Überfallquelle (im Faltengebirge, Alpen und Jura, Wiesen bei Olten). Die Schichtquellen haben sehr gutes Wasser und wegen dem langsamen Versickern des Wassers einen ziemlich konstanten Erguß.

3. Bei der Spaltquelle gestattet eine Verwerfungskluft oder sonst ein Riß in der Erdkruste dem Wasser den Abfluß nach oben (Fig. 178), (Quellfassung von Altstetten-Zürich, Pfäffers). Wenn der Mensch

die fehlende Spalte durch ein Bohrloch ersetzt, so erhält man die artesischen Brunnen. Dieselben sind bedingt durch eine zwischen zwei muldenförmig gebogenen wasserundurchlässigen Schichten liegende wasserführende Schicht, welche erbohrt werden muß. Ihren Namen haben sie von der Grafschaft Artois, wo viele solcher Brunnen errichtet worden sind. Auch in Nord-Algier und in der Sahara wurden vielfach artesische Brunnen angelegt; in der Wüste wurde durch sie eine große Zahl von neuen Oasen ins Leben gerufen. Eine typische artesische Quelle ist die Eglisauerquelle, welche beim Graben nach Kochsalz in 250 *m* Tiefe erreicht wurde.

Fig. 179. Der artesische Brunnen von Grenelle im Pariser Becken.
1. Alluvium und Diluvium, 2. Ober-Eocän, 3. Unter-Eocän: Calcaire grossier, 4. Obere (weiße) Kreide, 5. Mittlere Kreide: Grünsand, die wasserführende Schicht, 6. Untere Kreide und Jura.

4. Das im losen Gesteinsmaterial stehende Wasser heißt Grundwasser, es durchtränkt den Geröllboden bis in eine bestimmte Höhe vollständig und bildet so in gewissem Sinne einen Grundwasserspiegel. Derselbe sinkt vom Talabhange langsam zur Talsohle und hat hier ein Gefälle im Sinne der Talrichtung (Grundwasserstrom), seine Höhe variiert beträchtlich mit der Größe der Niederschlagsmengen. Oft dringt das Grundwasser bei hohem Stande in die Keller von tiefgelegenen Häusern ein und richtet so großen Schaden an. Wird das Grundwasser durch lehmigen Untergrund gestaut (Stauwasser), so werden dadurch Sauerwiesen und Riede bedingt.

Das Grundwasser kann durch Erosion oder durch menschliche Nachgrabungen angeschnitten werden, wodurch Grundwasserquellen entstehen (Oerlikon, Zimikon, Aarburg). Dieselben haben meist reichlichen und ziemlich konstanten Wassererguß, weswegen sie häufig zu Wasserversorgungen verwendet werden, (Basel, Aarau, Olten, Königsfelden u. s. w.). Dies darf aber, wie bei den Sodbrunnen im Flachlande, nur dann geschehen, wenn das Quellsammelgebiet keinen groben Verunreinigungen (Jauchetröge, Misthaufen, Friedhöfe) ausgesetzt ist, und keine menschliche Wohnungen oder Fabriken in der Nähe sind. Es sollte deshalb Grundwasser erst nach einer genauen geologischen, chemischen und bakteriologischen Prüfung als Trinkwasser verwendet werden.

Eine gute Trinkwasserquelle sollte im Sommer und Winter ungefähr dieselbe Temperatur besitzen, nämlich die mittlere Temperatur des

Ortes, an dem sie entspringt (im schweiz. Mittelland 8—9° C.), d. h. sie sollte aus einer Tiefe von wenigstens 20 *m* kommen, wodurch in der Regel eine genügende Filtration des Oberflächenwassers bedingt wird. Ist dies nicht der Fall, so ist die Bevölkerung der beständigen Infektionsgefahr ausgesetzt (Typhusepidemien von Zürich, Solothurn, Olten).

5. Diejenigen Quellen, die eine wesentlich höhere Temperatur als die mittlere Temperatur des Ortes aufweisen, heißen warme Quellen oder Thermen. Sie kommen aus großer Tiefe an die Erdoberfläche und enthalten meist viele mineralische Substanzen aufgelöst (Mineralquellen, s. S. 139), nur wenige führen bloß warmes Wasser (Pfäfers 37°). Außer den auf Seite 170 besprochenen vulkanischen Thermen gibt es noch viele warme Quellen, welche in keinem Zusammenhange mit vulkanischen Erscheinungen stehen, sondern durch den Gebirgsbau bedingt sind, tektonische Thermen. Solcher Art sind die Badener Quellen in der Schweiz. Man hat sich ihr Auftreten so zu erklären, daß das Regenwasser in den Alpen unter die mergeligen, wasserundurchlässigen Liasschichten versickert und dann, unter dem schweizerischen Mittelland seinen Verlauf nehmend, erst wieder bei Baden, wo die Limmat das Lägerngewölbe bis auf die wasserführende Schicht erodiert hat, hervorquellen kann. Da diese Thermen 48° warm sind, muß das Wasser in einer Tiefe von wenigstens 1200 *m* das Molasseland passieren. In ähnlicher Weise erklären sich die Quellen von Schinznach, von Lostorf, von Laurenzenbad und das im Hauensteintunnel auftretende warme Wasser; denn alle diese Quellen liegen mit Baden in der gleichen geologischen Zone. Auch die Quellen von Bormio, von Lenk, von Aachen sind tektonische Thermen.

1. Chemische Wirkungen des Wassers.

Das Wasser löst sowohl an der Erdoberfläche, als auch während seinem Verlaufe durch die Erdkruste, viele Stoffe auf und bedingt dadurch mannigfache Veränderungen. Das kohlensäurehaltige Sickerwasser kann den Kalkstein in Form von doppeltkohlensaurem Kalk ($H_2 Ca [C O_3]_2$), auflösen, es heißt hartes Wasser und zwar temporär-hart, weil man durch Kochen den Kalk abscheiden kann, im Gegensatz zu dem Gips ($Ca S O_4$) haltigen Wasser, welches auch beim Erwärmen den Gips behält und deswegen permanent-hartes Wasser heißt. Die meisten gewöhnlichen Quellen enthalten viel Kalk aufgelöst, nur im kristallinischen Gebirge finden wir sehr kalkarmes Wasser, so in vielen Tälern im Tessin und in Graubünden, ebenso im Veltlin. Gipsquellen findet man stets in der Nähe von Gipsstöcken. Bäder von Eptingen, Gipstherme von Leuk 48°.

Diejenigen Quellen, die größere Mengen mineralischer Bestandteile aufgelöst enthalten, nennt man Mineralwasser; infolge ihres Gehaltes sind sie meist heilkräftig und geben deswegen Veranlassung zu besonderen Badeeinrichtungen.

Nach den aufgelösten Stoffen unterscheidet man:

1. Säuerlinge, kohlensäurehaltige Wässer.

a) Reine Säuerlinge enthalten große Mengen von Kohlensäure, wie die Quellen von Selters, Vichy 44°, Apollinaris, Gerollsteiner, deren Wasser in Flaschen gefaßt in alle Welt verschickt werden.

b) Natronsäuerlinge, Natronwasser, führen neben CO_2 noch Soda (Na_2CO_3) mit sich (Fideris, Schuls, Passugg, Ems 46°, Teplitz 40°).

c) Eisensäuerlinge, Stahlquellen, enthalten neben CO_2 noch Eisenkarbonat (St. Moritz, San Bernhardin, Gonten 12°, Pyrmont, Spaa).

Die nicht thermalen Säuerlinge Graubündens (Fideris, Schuls, St. Moritz usw.) sollen ihre Kohlensäure durch Zersetzung von Karbonaten durch Schwefelsäure, die ihrerseits durch Verwitterung von Eisenkies der Bündnerschiefer entsteht, erhalten.

2. Schwefelquellen riechen nach Schwefelwasserstoff und haben neben allerlei Salzen einen ziemlichen Gehalt an Schwefelalkalien. In der Schweiz haben wir viele kalte Schwefelwässer, so Alveneu, Gurnigel, Heustrich, Lenk, Lostorf, Stachelberg und auch einige Schwefelthermen: Baden 48°, Schinznach 33°, Lavey 45°.

3. Solquellen, die Kochsalz enthalten, finden sich in Bex, Schweizerhall, Liestal, Rheinfelden. Im Ausland bei allen Kochsalzlagern.

4. Glaubersalzwässer führen Natriumsulfat Na_2SO_4, so die Wasser von Tarasp, Eglisau, Karlsbad 75°, Marienbad.

5. Bitterwasser weisen neben Natriumsulfat (Na_2SO_4) noch Bittersalz ($MgSO_4$) auf (Birmensdorf im Kt. Aargau, Friedrichshall, Epsom in England, Hunyadi in Ungarn).

6. Brom- und Jodquellen enthalten neben Kochsalz noch Jod- und Bromkalium (Wildegg, Saxon, Kissingen, Kreuznach).

7. Arsenikhaltige Quellen, die besonders heilkräftig sind, finden sich im Val Sinistra im Engadin.

8. Radiumhaltige Quellen bei Disentis, Ragaz, Gastein.

Die chemische Auflösung der Gesteine durch das Wasser verursacht eine ganze Reihe eigentümlicher Erscheinungen:

1. Karrenbildung. Das Regenwasser, das beim Fallen durch die Luft Kohlensäure aufgenommen hat, kann den reinen Kalk der Kalksteinschichten oberflächlich stellenweise auflösen, so daß dieselben nach und nach uneben werden und zuletzt bis metertiefe Löcher und Furchen = Karren in der Gefällsrichtung aufweisen. Karren- oder Schrattenfelder sind in den Kalkalpen in der Höhe von 1900 bis 2600 *m*, also nahe der Schneegrenze häufig, so auf dem Sentis, am Glärnisch, an den Clariden (Teufelsfriedhof) und auf der Silbernalp im Schrattenkalk (Fig. 180), ferner im Gebiet der Churfirsten, des Pilatus, des Sentis, der Schrattenfluh bei Schangnau, und ebenso im Dachsteingebirge und im Karst.

Fig. 180. Karren auf der Silbernalp (Heim).

2. Höhlenbildung. Durch Auflösung des Kalkes im Innern der Gesteinsschichten entstehen kleinere und größere Höhlungen. Die unlöslichen und schwerlöslichen Bestandteile (Ton, Kiesel) bleiben übrig und, da die Kalkfelsen selten ganz rein sind, findet man auf dem Boden der Höhlen stets einen lehmigen Rückstand (Residuum der Verwitterung). Auch bei oberflächlichen Kalkauflösungen bleiben ähnliche Überreste zurück, dieselben sind gewöhnlich durch Eisengehalt rötlich gefärbt und bedecken vielerorts die Kalksteine (terra rossa, Bohnerzbildung).

Höhlen treffen wir in allen Kalkgebirgen, so im Jura: bei Reclère, bei Solothurn (Nidelhöhle), bei Olten im Born; in den Alpen: beim Wildkirchli auf dem Sentis, die Donnerlöcher in den Churfirsten, Chriesiloch am Pilatus, Beatenhöhle am Thunersee, Schafloch am Sigriswyler Grat, Burgloch bei Grindelwald und als größte das „Hölloch" (2700 *m* lang) im Muotatal. — Von den vielen ausländischen erwähnen wir die großen Höhlen des fränkischen Jura und der schwäbischen Alp, die Barbarossa-Höhle am Kyffhäuser (durch Auslaugung eines Salzlagers entstanden), die Mammuthöhle in Kentucky. Die großartigsten Bildungen dieser Art zeigt das Karstgebirge. Es finden sich da Höhlen von ein und mehr Kilometer Länge, wie die Adelsberger Grotte. In diesen Hohlräumen fließen unterirdische Wasserläufe, welche ganze kleine Flußsysteme bilden, so die Poik und die Reka, hier ist sogar eine unterirdische kleine Eisenbahn angelegt.

3. Einsturztrichter. Wenn die den Höhlen überlagerten Gesteinsschichten nicht mehr genügend Halt haben, so stürzen sie ein und es entstehen oberflächlich trichterartige Vertiefungen, in denen das Regenwasser sich sammelt und bald versiegt. Beispiele dafür sind die Entonnoir im welschen Jura (in einem solchen verschwindet der Ausfluß des Lac de Joux bei Le Pont, um als Orbe zum Vorschein zu kommen, ebenso das Flüßchen bei les Ponts, das die große Quelle von Noiraique speist). Auch in den Alpen finden sich solche Kalktrichter häufig, so im Sentisgebirge; im Karst heißen sie Dolinen. Ähnlich versickert in den Kalksteinschichten des schwäbischen Juras bei Möhringen ein Teil der Donau und bricht dann beim Städtchen Aach jenseits der Wasser-

scheide im Hegau als große Quelle hervor, um sich in dem kleinen Flüßchen Aach in den Rhein zu ergießen. Wenn im Trichter der Abfluß dem Wasser durch Schlamm unmöglich gemacht wird, so entstehen kleine Trichterseen = Dolinenseen: Niedersee, Mattensee, Oberblegisee im Kt. Glarus, Seelisbergersee und Seewelisee im Kt. Uri. In gipshaltigen Gegenden entstehen leicht Gipstrichter, so im Val Piora am Gotthard, im Jura am Hauenstein bei Lostorf.

Wo Kochsalzlager ausgelaugt werden, senkt sich ebenfalls der Boden, so ist das Terrain über dem Kochsalzbergwerk in Bex vielfach eingesunken, und bei Schweizerhall senkt sich ebenfalls das Land langsam.

4. Die Auflockerung und Zertrümmerung der Gesteine ist auch hauptsächlich der chemischen Tätigkeit des Wassers zuzuschreiben, und deswegen bildet diese den Hauptfaktor bei der Verwitterung. Fast alle Mineralien werden vom Sickerwasser zersetzt, so wird z. B. der Feldspat in Ton und Pottasche, der Olivin in Serpentin, der Eisenspat in Brauneisenstein umgewandelt. Durch diese und viele andere Umsetzungen zerfallen die dauerhaftesten Gesteine wie Granit, Porphyr, Gneis zuletzt in pulverige Massen (Grus) (Schwarzwald, Südfuß der Alpen). Endlich wird daraus, namentlich auf weiten Flächen in heißen Gegenden, eisenschüssiges wasserhaltiges Aluminiumoxyd, wie Bauxit und Laterit.[1]) Letzterer bedeckt als Granitlaterit, Dioritlaterit in den tropischen Teilen Afrikas, Asiens (Ceylon, Indien) und Südamerikas (Brasilien bis 10 *m* dick) weite Gebiete. — Die chemische Verwitterung wird sehr unterstützt durch die mechanische Wirkung des gefrierenden Wassers. Denn, da sich das Wasser, wenn es zu Eis wird, um $\frac{1}{11}$ ausdehnt, zersprengt es, wenn es in Ritzen eingedrungen ist, die härtesten Gesteine (Spaltenfrost). So werden durch allmähliche Lockerung auf wenig geneigten Gebirgsrücken große Blockhaufen, Felsmeere losgelöst, wie im Riesengebirge, im Schwarzwald, Böhmerwald, Sahara. (Fig. 181.)

Fig. 181. Der Mittagstein im Riesengebirge.

In den Alpen finden wir solche Trümmerhaufen nur selten und wenig ausgedehnt, weil fast überall das Gehänge zu viel Gefälle hat. Nur auf rundlichen Bergrücken treten solche lose Blockmassen auf: Pizzo centrale (Gotthard), Gemmipaß, Gipfel des Hohgant, Eggischhorn, Piz Matt bei Truns (Granitblockgipfel), Schwarzhorngipfel. (Fig. 182.) An den meisten Orten aber stürzen die abgelösten Stücke in kleineren und größeren Blöcken

[1]) lat. *láter* = Ziegel

in die Tiefe und bilden da, die in allen Alpentälern häufigen, Schutthalden. Die übrigbleibenden Gebirgsstöcke zeigen oft ein durch die Gesteinsbeschaffenheit bedingtes, charakteristisches Aussehen, wie Erkerstruktur (Glärnisch, Churfirsten), Bandstruktur (Drusberg, Sentis), Nadeln (Aiguilles im Montblanc-Massiv), Pyramiden (Bristen, Matterhorn). Sonderbare Verwitterungsüberreste sind „das Mannli“ auf der Casannaspitze, „der Hunnenturm“ im Lauterbrunnental, die Spitze des „Köpflers“ usw.

Fig. 182. Blockbildung auf einem Gipfel.

5. Lösen sich durch die Verwitterung größere Gesteinsmassen ab und stürzen ins Tal, so entstehen Bergstürze und Schuttrutschungen, welche oft durch ihre gewaltigen Gesteinsmassen große Verheerungen anrichten. Die Schweiz ist infolge der großen Steilheit der Bergabhänge sehr häufig von solchen heimgesucht.

Man zählt etwa 150 größere Bergstürze in historischer Zeit. So gerieten 1806 die locker gewordenen Nagelfluhfelsen des Roßberggipfels auf einer schlüpfrigen Mergelschicht ins Rutschen und stürzten mit großer Gewalt ins Tal, wo sie Goldau und 3 andere kleine Ortschaften vollständig mit ihrem Schutt zudeckten. 1881 wurde

Fig. 183. Profil durch das Gebiet des Bergsturzes bei Elm vom 11. September 1881 nach A. Heim. *a* eocäne Dachschiefer, *b* weichere Schiefer, *c* Nummulitenkalk, *d* Schiefer, *e* ehemaliger Schieferbruch, *f* abgestürzte Schiefermasse.

die Ortschaft Elm zum Teil zerstört durch einen Bergsturz vom Plattenberg, wo durch einen großen Schieferplattenbruch dem Gestein der Halt genommen worden war (Fig. 183). Im Jahre 1597 wurde das Dörfchen Simpeln auf der Paßhöhe durch große Felsmassen zugedeckt und 1618 das reiche Städtchen Plurs im unteren Bergell. Von neueren Ereignissen dieser Art erwähnen wir noch den Erdschlipf von Kienholz, der den Untergang dieser Ortschaft verursachte (1896), den Felssturz vom Sasso rosso bei Airolo (1899) und den Felsgletschersturz vom Fletschhorn bei Simpeln 1901.

Ebenso sind wiederholt Felsstürze an der Diablerets und am Calanda niedergegangen. Große *Schuttrutschungen* fanden statt bei Bilten im Glarnerland 1868, bei Herdern im Thurgau 1876, bei Fettan im Engadin.

Auch *prähistorische Bergstürze* haben wir in der Schweiz viele zu verzeichnen, so bei Flims, wo durch die gewaltige Schuttmasse das ganze Tal abgesperrt wurde, so daß sich der Rhein staute und einen See bis über Ilanz hinauf bildete, den er dann später mit seinem Geröll wieder ausfüllte. Andere alte Bergstürze sind derjenige von Sierre im Wallis, oberhalb Frutigen im Kandertal, am unteren Ende des Klöntals u. s. w. Häufig ward dadurch das Wasser zu Seen gestaut. Solche *Bergsturzseen* sind der Öschinensee und das Blauseeli im Kandertal, der Türlersee am Albis, der Klönsee, der Obersee bei Näfels, und die kleinen Flimserseen.

6. Erosionserscheinungen eigentümlicher Art sind die *Erdpfeiler* oder *Erdpyramiden*. Sie bilden sich in losem tonigen Material, das

Fig. 184. Erdpyramiden von Bozen in Tirol.

größere Gesteinsblöcke enthält, wie das meist bei Grundmoränen der Fall ist. Während das Regenwasser den größten Teil fortführt, schützen die Steine die unter ihnen liegende Masse vor Wegspülung (Fig. 184). Saastal bei Stalden, Kandereinschnitt bei Strättligen, Useigne im Süd-Wallis; Schanfiggtal.

7. Aber das Wasser hat nicht nur eine auflösende, zersetzende Kraft, sondern es kann auch mannigfache *chemische Neubildungen* bedingen. Alle Stoffe, die im Wasser gelöst, dem Boden entführt werden, kommen wieder an anderer Stelle zum Absatz. So erklären sich vor allem die zahlreichen Kalkabscheidungen. Sobald nämlich das Sickerwasser an die Luft kommt, verliert es etwas von seiner Kohlensäure und muß deswegen einen Teil seines Kalkes ablagern, daher die *Kalktuffbildungen* an den meisten Quellen, die Tropfsteine in den Höhlen, die Kalkabsätze in Brunnenleitungen (s. S. 55). Auch die Risse und Klüfte, die bei der Gebirgsbildung entstehen, werden in dieser Weise wieder mit Calcit ausgefüllt: *Calcitadern*. Aber nicht aller Kalk wird sofort abgeschieden,

das Bachwasser führt noch solchen in das nächste stehende Gewässer, wo dann die Seekreide, ein feiner weißer Kalkschlamm, der auch kleine Tierschälchen enthält, gebildet wird. Der kleine Kalkgehalt, der noch ins Meer gelangt, liefert im Laufe der Zeit das Material sowohl für die festen Gerüste der Seetiere, als auch für die kompakten Kalksteine und für den Kalkzement der Konglomerate und Sandsteine. In ganz gleicher Weise kommen Magnesit und Dolomit zur Ablagerung. Die Eisenkarbonat enthaltenden Quellen setzen in großer Menge den Raseneisenstein ab. Im Kleinen zeigen das viele Quelladern bei uns, indem sie zunächst ein dünnes schillerndes Häutchen abscheiden, das nach und nach zu gelbbraunen Flocken von Eisenhydrat wird, die sich am Grunde absetzen. In Norddeutschland fanden solche Abscheidungen vor Zeiten in großem Maßstabe statt, so daß man diese Lager jetzt auf Eisen ausbeuten kann (Brandenburg, Pommern). Als Abscheidung aus heißen Quellwassern müssen wir auch die meisten Erzgänge auffassen. Dadurch wird auch ihr symmetrischer Aufbau erklärlich, indem z. B. das Wasser zuerst Zinkblende, dann Quarz, dann Flußspat u. s. w. mit sich führte und stets etwas davon in der durchflossenen Spalte absetzte. (Fig. 185). So sind die Zinnerzlagerstätten von Sachsen und Cornwall entstanden, ebenso die Silbererzgänge des Erzgebirges, von Přibram, von Peru u. s. w.

Fig. 185. Erzgänge (*d* und *e*). *a* das Liegende, *b* und *c* das Hangende, *s* das Saalband, *e* ein Verwerfer.

Die chemische Sedimentation des Kochsalzes, des Gipses und der Abraumsalze in verdunstenden Meeresbusen und Salzseen ist schon früher besprochen worden (s. S. 52).

2. Mechanische Wirkungen des Wassers.

Die mechanische Wirkung des Wassers hat man Erosion[1]) genannt, dieselbe ist von der größten Bedeutung für die Modellierung der Erdoberfläche. Die erodierende Wirkung des Wassers hängt namentlich von der Wassermenge und dem Gefälle des Flusses ab, je größer diese sind, umso größer wird auch die Stoßkraft des Wassers. Man kann an einem Flusse gewöhnlich 3 verschiedene Stadien unterscheiden: Oberlauf, Mittellauf und Unterlauf. Im Oberlauf ist das Gefälle und damit die Stoßkraft so groß, daß der Fluß sein Bett vertiefen kann, im Mittellauf reicht die Stoßkraft gerade noch aus, die Kiesmassen zu transportieren, und im Unterlauf lagert der Fluß wegen zu schwachen Gefälls den größten Teil des Geschiebes ab.

a) Der Oberlauf der Flüsse ist durch seine große Erosionskraft charakterisiert. Das Wasser kann mit Hilfe der durch die Frostwirkung

[1]) lat. erōdere = abnagen, herausnagen.

herunter gefallenen Gesteinsstücke den Untergrund abschleifen und aushöhlen, und so wird einesteils sein Bett stets vertieft, andernteils sein Geschiebe abgerundet und verkleinert (Vertikal-Erosion). Durch Vertiefung der Talsohle wird dem Gehänge der Halt genommen und das am Talrande gelegene Land sinkt langsam oder schnell in das Tal hinunter. So ist häufig im weiten Umkreise das Terrain im Rutschen begriffen, wie bei der Nolla oberhalb Thusis, bei dem Lammbach bei Brienz, im Maggiatal ein ganzes Dörfchen u. s. w. Dadurch aber vergrößert der Fluß immer mehr sein Sammelgebiet; da er dabei das Tal rückwärts verlängert, nennt man das rückwärtsschreitende Erosion.

Durch diese ist es einem stärker erodierenden Flusse möglich, einem andern einen Teil seines Sammelgebietes abzugraben. So hat die Maira dem Inn den Oberlauf abgeschnitten und ihm dadurch die Stoßkraft geraubt, so daß es den Seitenbächen möglich war, mit ihren Schuttkegeln den Inn zu stauen und so die drei oberengadinischen Seen zu bilden. Ähnlich ist es bei der Limmat; dieselbe floß früher das breite Glatttal hinunter; aber durch einen östlichen Nebenfluß der Sihl, die vor der Eiszeit durch das jetzige Zürichseetal floß, wurde sie oberhalb Rappersweil in das Sihlbett abgeleitet. Das schönste Beispiel dafür aber zeigt die Entwicklung des Flußsystems des Rheins oberhalb Chur (siehe Karte S. 154). Ursprünglich floß das Wasser aus dem Oberhalbstein über die Lenzerheide und Chur in das jetzige Rheintal, und diesem Lauf ziemlich parallel floß der Hinterrhein, aus dem Domleschg kommend, über den Kunkelspaß in das Rheintal. Nun schnitt sich ein Nebenfluß des Hinterrheins durch den Schyn so stark ein, daß er das östliche Flußsystem erreichte, dadurch wurde die Lenzerheide zu einem alten verlassenen Talboden, den bald kleine und größere Bergstürze noch erhöhten; unterdessen aber verlängerte auch ein Nebenfluß des Lenzerrheins sein Bett von Chur aus bis Reichenau und lenkte dadurch das gesamte Wasser des Hinter- und Vorderrheins in das jetzige Rheintal ab, und der Kunkelspaß wurde dadurch flußlos. (Nach Heim.)

Eine zweite Erscheinung im Oberlauf sind die häufigen Schluchtenbildungen. Infolge der stark erodierenden Tätigkeit kann sich der Fluß im festen Gestein schneller eingraben, als das Gehänge nachzusinken vermag, so entstehen tiefe Taleinschnitte mit oft fast senkrechten Wänden, an denen man meist noch die rundlichen Erosionsformen bis weit hinauf wahrnehmen kann, so in der Via mala, im Schyn, in der Taminaschlucht (Fig. 186), in der Trientschlucht oberhalb Martigny, in der Aareschlucht bei Meiringen u. s. w. Solche Schluchten, die oft großen landschaftlichen Reiz haben, nennt man in Österreich „Klamm“ (Lichtensteinklamm im Pongau), im Französischen „Gorge“ (Gorge de la Reuse), in den Vereinigten Staaten „Cañon“ (Coloradofluß).

Die Schluchten sind immer junge geologische Bildungen, mit der Zeit werden auch sie durch Abwittern der Schluchtwände zu Tälern erweitert.

Auch die **Stromschnellen** und **Wasserfälle** gehören wegen ihrer erodierenden Wirkung dem Oberlaufe an, selbst wenn sie etwa weiter unten auftreten. Sie werden bedingt durch einen plötzlichen Gefällsbruch und finden sich stets da, wo der Fluß von einer oberen in eine tiefere Talstufe übergeht. Eine häufige Begleiterscheinung sind die

Fig. 186. Schlucht der Tamina bei den Thermen von Pfäfers.
Nach einer Photographie von H. Appenzeller in Zürich.

Erosionskessel, rundliche Vertiefungen am Fuße der Wasserfälle, welche durch das stürzende Wasser und die dadurch in Bewegung gesetzten Geröllmassen entstehen (Trümmelbach bei Lauterbrunnen, Trientschlucht). Viele unserer Alpenflüsse haben in ihrem Oberlauf Wasserfälle, wie die Reichenbachfälle, die Tosafälle, der Handeckfall u. s. w.

Die Wasserfälle unterliegen auch dem Gesetz der rückwärtsschreitenden Erosion und wandern deswegen je nach der Härte des Gesteins langsamer oder schneller talaufwärts. Ein klares Beispiel dafür liefert uns der Niagarafall zwischen Eriesee und Ontariosee, wo der Fluß jedes Jahr um 1—1 $^1/_2$ *m*

Nord *Süd*
Ontariosee *Lewiston und Queenstown* *Niagarafall* *Eriesee*
k t s

Fig. 187. Niagarafälle. *s* Sandstein, *t* Mergel und Schieferton, *k* silurischer Kalk. Die Fortsetzung der Kalkbank, die der Fluß schon durchschnitten hat, ist punktiert.

rückwärts erodiert und bereits eine 12 *km* lange und 100 *m* tiefe Schlucht ausgegraben hat. (Fig. 187). Die Wasserfälle und Stromschnellen haben in unserer Zeit große technische Bedeutung gewonnen, weil sie dazu geeignet sind, die lebendige Kraft des fließenden Wassers in Elektrizität umzuwandeln, so beim Rheinfall, bei Aarburg, in der Betznau.

Fig. 188. Wildbäche bei Kandersteg (Berner Oberland). (Nach einer Photographie von Prof. Brückner.)

Alle Erscheinungen des Oberlaufs lassen sich sehr schön an unseren W i l d b ä c h e n verfolgen. Diese schneiden sich häufig so schnell ein, daß große Stücke Landes ins Rutschen kommen (Nolla, Maggia). Um dieses sowie die häufigen Verheerungen durch Überschwemmungen zu verhindern,

hat man in der Schweiz eine große Zahl Wildbachverbauungen ausgeführt. Dieselben bestehen hauptsächlich darin, daß man die Talsohle in ihrer Höhe durch Talsperren aus festem Gestein fixiert und die Talgehänge durch Drainage entwässert (Spreitenbach bei Lachen, Molliser Rüfi, Eybach bei Lungern).

Kommt der Wildbach mit viel Schutt und durchweichtem, abgerutschtem Material beladen zu Tal, so entstehen die gefürchteten Murgänge[1]) oder Rüfe (Guppenruns am Glärnisch, Kienholz bei Brienz 1896, Ried im Oberinntal 1874).

b) Im Mittellauf ist das Gefälle nur noch so groß, daß es gerade hinreicht, das Kiesmaterial zu transportieren, deswegen kann keine wesentliche Tieferlegung des Bettes mehr stattfinden. Wohl aber kann der Fluß noch in horizontaler Richtung erodieren (Horizontal-Erosion). Bei niedrigem Wasserstande lagert er nämlich im Bett wegen zu geringer Stoßkraft viel Kies ab (Kiesbänke), dadurch wird der Fluß auf die eine Seite gedrängt und, wenn er wieder mehr Wasser bringt, beginnt er hier das Ufer zu erodieren. Von da wird er wieder schief zur früheren Flußrichtung seinen Verlauf nehmen und deswegen weiter unten das gegenüberliegende Ufer angreifen. Da sich bei jedem Hochwasser die dadurch entstandenen Bogen vergrößern, entsteht ein schlangenförmiger Flußlauf (Serpentinen). (Fig. 189.)

Fig. 189. Alte Serpentinen des Rheins in der oberrheinischen Tiefebene. *h — h* die Hochufer des Rheins; *a — b*, *c — d*, *e — f* alte Flußserpentinen; *r — s* reguliertes Rheinbett.

Fast alle Flüsse zeigen in ihrem Mittellauf Serpentinen, besonders schön die Aare bei Bern, die Saane bei Freiburg (an beiden Orten Veranlassung zur Stadtgründung), der Rhein bei Rheinau, die Thur bei Andelfingen.

Wenn der Fluß im Laufe der Zeit immer größere Bogen macht, so kann eine Ausbiegung die andere berühren, und dann fließt das Wasser den kürzeren Weg, ohne die alte Serpentine zu passieren; diese stellt dann ein verlassenes, trockengelegtes Stück Flußbett dar (Reuß bei Bremgarten, Rhein unterhalb Basel, Po morto in der Lombardei). Solche alte Flußläufe werden auch durch die Flußkorrektionen trocken gelegt.

Da nämlich durch diese Krümmungen häufig fruchtbares Land an dem Steilufer weggetragen und dafür sterile Kiesmassen am Flachufer abgelagert werden, so hat man durch Flußkorrektionen, Geradlegung des Flußlaufes (Uferfixierung), der weiteren Ausbildung der Serpentinen Einhalt getan (Thur-, Glatt-, Aare-, Rheinkorrektion). Für solche Korrektionen hat die Schweiz schon mehr als 75 Millionen Franken ausgegeben.

---

[1]) Mur = Schutt.

Wo aber die Kiesmassen nicht in ein Seebecken abgelagert werden können, zeigt sich eine jährlich größer werdende Höherlegung des Flußbettes, was gefährliche Überschwemmungs-Katastrophen voraussehen läßt (Emme bei Biberist, Rhein von Chur bis Bodensee, Tessin, Po und viele Wildbachabzugskanäle).

Eine zweite Erscheinung im Mittellauf ist die Verbreiterung des Tales. Dadurch, daß der Fluß infolge der Serpentinenbildung einmal sein Bett nach dieser, dann nach der andern Seite hin verlegt, schafft er sich einen immer weiter werdenden Talboden, so daß der Querschnitt des Tales statt der ursprünglichen V-Form mehr und mehr __/-Form annimmt. So sind alle unsere breiten Molassentäler aus ursprünglichen Schluchtentälern hervorgegangen.

c) Im Unterlauf der Flüsse ist das Gefälle und damit die Stoßkraft so klein, daß das Wasser nur noch einen Teil des Schlammes transportieren kann und die Hauptmasse des Geschiebes ablagern muß. Dadurch erhöht er nach und nach sein Bett und veranlaßt sich selbst, seinen Lauf immer wieder aufs Neue zu ändern, sodaß er im Laufe der Zeit gewaltige

I II III

Fig. 190. Stadien der Talbildung: *I* Erosion (Oberlauf), *II* Talverbreiterung (Mittellauf), *III* Alluvion (Unterlauf.)

Kiesanhäufungen bildet (Alluvion, Akkumulation) (Fig. 190). Diese Ablagerungen stellen mehr oder weniger steile, geschichtete Schuttkegel dar. Bei unseren Wildbächen sind sie, entsprechend dem groben Geröll, ziemlich steil, sie versperren oft, aus einem Seitental kommend, dem Hauptfluß den Weg, so daß er auf die andere Talseite gedrängt (Linthtal, Visptal u. s. w.), oder gestaut wird, dann entstehen sumpfige Stellen (Wäggital) oder Stauseen (Engadinerseen und Juraseen). — Die Schuttkegel bewirken auch, daß die Straßen im Haupttal bei jeder Einmündung eines Seitenbaches stark ansteigen und dann wieder fallen (Linthtal, Oberwallis, Zermattertal).

Mündet ein Fluß in einen See oder ein Meer, so bilden seine Schuttmassen ein Delta, dessen vordere Partie (Deltastirn) immer weiter in das stehende Wasser hinausrückt; dadurch werden die neu ankommenden Kiesmassen zunächst horizontal und erst weiter draußen in schiefer Richtung abgelagert (Übergußschichtung). (Aare im Brienzersee, Rhein im Bodensee u. s. w., beim Mississippi jährlich um zirka 100 *m.* (Fig. 191.) Diese Anschwemmungen können sich im Laufe der Zeit so häufen, daß große weite Ebenen entstehen, die wegen dem sehr mannigfaltigen Schuttmaterial der Landwirtschaft fruchtbaren Boden liefern. (Nildelta, Missis-

sippi, Amazonenstrom.) Oft werden ganze Meeresbuchten ausgefüllt, so ist die Poebene ein Produkt der Deltaablagerungen des Po und seiner Nebenflüsse in einen Busen des Adriatischen Meeres, ebenso wurde angeschwemmt die niederrheinische Tiefebene, die Ebene des Euphrat und Tigris, die Ebene des Ganges und Brahmaputra (dadurch wurde Indien dem asiatischen Kontinent angegliedert). Es kann sogar zur vollständigen Ausfüllung von Seebecken kommen, so ist der alte See von Einsiedeln, der See von Solothurn, derjenige vom Gäu bei Olten, von Frauenfeld und von Belp bei Bern durch Kiesablagerungen verschwunden, ebenso ist die ganze oberrheinische Tiefebene unterhalb Basel früher ein Seebecken gewesen (s. Fig. 196). An der jeweilen zu konstatierenden Übergußschichtung kann man die Bildungsweise dieser Kiesebenen erkennen, so beim alten See von Frauenfeld, beim Hurdner Damm, beim Kandereinschnitt.

Deltastirn
Fluß
See-Niveau

Fig. 191. Ablagerungen im Seebecken.

Das Resultat der Arbeit der Flüsse ist also zunächst die Durchfurchung der Gebirge und die Anhäufung des Erosionsmaterials auf dem Talboden oder im Seebecken. Die hinunter beförderten Schuttmassen sind sehr beträchtlich, so daß sogar die Schuttströme der Bergstürze dagegen verschwindend klein sind. Die Reuß z. B. führt Jahr für Jahr 150.000 m^3 Geschiebe in den Vierwaldstättersee, was auf die Stunde 17 m^3 ausmacht. Infolge dieser großartigen Abtragung des Gebirges wird dasselbe mehr und mehr erniedrigt, dies hat man

Mannagen
Birgel
Gerolstein

Fig. 192. Profil durch das rheinische Schiefergebirge.
(Aus Credners Elementen der Geologie.)

„Denudation“[1]) genannt, da immer tiefer gelegene Partieen entblößt werden. Wohl bieten harte, kompakte Felsen lange Widerstand und bilden kühne Verwitterungsformen wie Erker, steile Wände, Türme; aber auch sie müssen fallen und immer mehr verschwinden die steilen Gehänge im Gebirge, so daß zuletzt nur noch rundliche Formen übrig bleiben: das Rumpfgebirge, wie z. B. der Harz, das Riesengebirge, der Bayerische Wald, der Sinai, die Bretagne u. s. w. Aber auch hier arbeitet die Erosion immer noch unablässig weiter und strebt darnach, alles auszuebnen, dann ist ihr Ziel, die Abrasion, erreicht. Beispiele dafür sind: das rheinische Schiefergebirge (Fig. 192), das belgische Kohlengebiet

[1]) lat. denudāre = entblößen.

(Fig. 193), wo der Schichtenverlauf unter der Oberfläche des vollständig ebenen Landes erlaubt, ganze Gebirge zu rekonstruieren, die nach und nach völlig abgetragen worden sind. Dieser Abtragung sind in Europa schon drei Gebirgszüge fast ganz zum Opfer gefallen: 1. das älteste, das kaledonische Gebirge, das Schottland mit Skandinavien verband, ist zum Teil zum Meeresboden (Nordsee) geworden; das 2., das armorikanische Gebirge, das sich von Wales über die Normandie nach Südfrankreich erstreckte, ist ebenfalls zerstückelt und das 3., das variskische Gebirge weist nur noch die alten Horste Vogesen, Schwarzwald, Harz usw. auf[1]).

Fig. 193. Ergänztes Kohlengebirge von Namur in Belgien. *M M* = heutige Erdoberfläche.
(Nach Haas, aus der Sturm- und Drangperiode der Erde II.)

Fig. 194. Talterrassenbildung. *a* Übergang von *II* zu *I*, *F* = Felsterrasse; *b* Übergang von *III* zu *I*, *K* = Kiesterrasse; *c* Tal mit mehreren Talstufen.

d) Talterrassierung. Selten besteht ein Flußlauf nur aus Ober-, Mittel- und Unterlauf wie bei den Wildbächen, sondern meistens wechseln diese Stadien mehrmals miteinander ab. Und so zeigt die Talbildung nicht nur die oben besprochenen einfachen Formen, sondern vielfache Komplikationen derselben. Wenn z. B. infolge Hebung des Landes oder Geschiebeentlastung in einem See ein Fluß aus dem Stadium III (Alluvion) in das Stadium I (Erosion) übergeht, so schneidet er sich in seinen früheren Tal-

[1]) Siehe Schulatlas S. 69.

boden wieder ein und bildet aufs Neue eine Schlucht, welche in dem alten Geschiebematerial erodiert wird; dieses bildet dann als verlassener Talgrund eine alte Flußterrasse (Fig. 194). Wenn der Fluß aus dem II. Stadium (Talverbreiterung) ins erste übergeht, so entstehen nicht Kiesterrassen wie vorhin, sondern Felsterrassen. Da nun solche Übergänge im Laufe der Zeiten häufig vorgekommen sind, so sind fast alle unsere Täler, als wahre Erosionstäler, terrassiert. (Zürichsee-tal, Tößtal, Thurtal, Aaretal). Schöne Terrassen finden wir z. B. bei Windisch, bei Aarau, die Stadt Bern ist auf drei Flußterrassen erbaut, ähnlich Freiburg. Aber auch in allen Alpentälern finden wir die Talstufen gut ausgeprägt, so im Reußtal: Andermatt, Wasen und Amsteg; im Gadmental, im Zermattertal, wo man 3 und 4 Terrassen übereinander erkennen kann. Gegen das Gebirge hin geht die Flußterrasse jeweilen in den Talboden über.

Wenn der Fluß von einer höheren zu einer tieferen Talstufe übergeht, so bildet er Stromschnellen (Schöllenen, Visp bei Stalden). Sehr schön zeigt sich im Tale des Hinterrheins der Wechsel von Stromschnelle und Talstufe und zwar in folgender Reihenfolge: Zapportschnelle — Rheinwaldtal, Rofnaschlucht — Schamsertal, Via Mala — Talboden des Domleschg. Da die Nebenflüsse sich meist nicht so schnell einfressen können, wie der Hauptfluß mit seiner großen Wassermenge, so bleiben sie länger auf einer höheren Talstufe und münden deshalb mit Stromschnellen oder Wasserfällen ins Haupttal (Reichenbachfälle und Alpbach bei Meiringen, Staubbach, Taminaschlucht, die Nebenflüsse des Tessins in der Leventina). Aus dem Auftreten der Flußterrassen an den Abhängen unserer Täler kann man den wichtigen Schluß ziehen, daß die Hebung der Alpen sich nicht auf einmal, sondern nach und nach vollzogen hat, denn sonst würde jeder Fluß nur einmal die 3 Stadien aufweisen. (Coloradofluß.)

Ähnliche Terrassierung, wie in der Schweiz, findet man in allen Teilen der Alpen, im Kaukasus, in den skandinavischen Fjorden u. s. w., was uns beweist, daß auch dort die Täler in ähnlicher Weise entstanden sind, wie bei uns.

e) Bildung der alpinen Randseen. Da auch alle unsere größeren Seetäler Flußterrassen aufweisen, so müssen wir die Seen als ein besonderes Stadium der Talbildung auffassen. Und in der Tat sind es Talstücke, in denen das Gefälle negativ geworden ist, so daß sich hier das Wasser stauen mußte. Dies konnte dadurch bedingt worden sein, daß sich der Talboden hier gesenkt hat. Offenbar ist das beim Zürichsee der Fall gewesen, wie man aus dem Verlauf der Talterrassen schließen muß (s. Fig. 195). Während die Terrassen am unteren Zürichsee, ihrer Entstehung entsprechend, langsam gegen die Alpen ansteigen, senken sie sich bei Stäfa und Wädensweil gegen die Alpen hin. Diese rückläufigen Terrassen können wir uns nur durch eine

Senkung des Landes von Stäfa an aufwärts erklären, wodurch die Linth gestaut wurde. So wurde das Limmattal von Baden bis nach Sargans hinauf vollständig unter Wasser gesetzt und, daß dieser große ursprüngliche See auf seine jetzige Größe beschränkt wurde, ist lediglich der Alluvion der Flüsse zuzuschreiben. Im oberen Teile füllte die Seez mit ihren Nebenflüssen den See bis Walenstadt aus. Der Walensee wurde vom Zürichsee durch die Anschwemmungen der Linth getrennt, welche das Gaster und, vereint mit der Wäggitaler Aa, die March

Fig. 195. Verlauf der Flußterrassen auf der rechten Seite des Zürichsees (nach Äppli).

bildete. Diese früher sumpfige Gegend wurde durch Ablenkung der Linth in den Walensee und Anlegung des Linthkanals trocken gelegt und in fruchtbares Land verwandelt. (C. Escher von der Linth.) Der untere Teil des alten Zürichsees wurde durch die Sihl und die Reppisch mit ihrem Geschiebe, sowie durch die glazialen Ablagerungen des Linthgletschers von Zürich an ausgefüllt.

Man nimmt an, daß ähnlich wie das Zürichseetal, auch die übrigen Alpentäler am Nord- und Südfuße der Alpen eingesunken seien, indem der ganze Alpenkörper sich senkte (rückläufige Terrassen am Iseo-See). Einige Forscher schreiben hingegen die Bildung der alpinen Seebecken der Gletscher-Erosion zu (sogenannte Übertiefung im Zungenbecken). Es ist auch möglich, daß beide Faktoren mitgewirkt haben.

So war auch das Rheintal früher ein See, der vom Bodensee bis nach Reichenau hinauf reichte und mit dem Zürichsee bei Sargans zusammenhing. Der Rhein mit seinen zahlreichen Nebenflüssen, sowie die Ill füllten den See bis Rheineck hinunter aus. Deshalb war auch dieser Talboden, wegen des schwachen Gefälles, häufig von Überschwemmungen heimgesucht, bis die Rheinkorrektion Abhilfe brachte.

Beim Vierwaldstättersee ist die Sachlage komplizierter. Die Reuß floß früher durch den Lowerzer- und Zuger-See und empfing von Stanz einen kleineren und aus dem Sarnertal einen größeren Nebenfluß, der bei Immensee mündete. Bei der Versenkung wurde dieses ganze Talsystem unter Wasser gesetzt, und am tiefsten Punkte, also bei Luzern, verließ das Wasser den See. Dann begannen die Flüsse ihre Akkumulationsarbeit von oben. Die Reuß schwemmte die Ebene von Altorf an, die Muota trennte den Lowerzer- vom Vierwaldstättersee, der Zugersee wurde in seiner unteren Partie durch die Lorze, welche die Ebene von Baar anschwemmte, bis nach Zug zurückgedrängt, und die Stadt Zug selbst ist zu einem

Teil auf diesem Geschiebe erbaut. Im Sarnertal wurde der obere Teil als Sarnersee durch die Melchaa abgetrennt, und die Ebene von Stanz ist der Alluvion der Engelberger Aa zu verdanken (siehe Fig. 196).

Im Aaretal haben wir völlig analoge Verhältnisse wie im Linthtal. Thuner- und Brienzersee bildeten ursprünglich ein Becken, das von Belp bei Bern bis Meiringen reichte. Die Aare schwemmte die Ebene von Meiringen bis Brienz an. Die Lütschine trennte durch das Bödeli die beiden Seen, und wie die Linth, wurde auch sie (durch die Mönche des Klosters Interlaken) in den näheren Brienzersee abgelenkt. Die Kander mit der Simme füllte den Talboden von Belp bis Thun auf, und da sie wegen dem geringen Gefälle die Ebene fast jedes Jahr überschwemmte, leitete man sie (1714) durch den Strätliger-Hügel in den Thunersee, wo sie mit ihrem Geschiebe schon ein ziemlich großes neues Delta gebildet hat.

Fig. 196. Flüsse und Seen der Schweiz.

Der Genfersee reichte früher viel weiter, bis gegen Brieg hinauf. Der ganze Talboden des Wallis ist durch die Rhone mit ihren Nebenflüssen aufgefüllt worden, so daß jetzt aus dem fast vollständig ebenen Tale die ziemlich steilen Abhänge des früheren Erosionstales auf beiden Seiten ganz unvermittelt emporsteigen. Die Rhone stößt ihr Delta im Durchschnitt per Jahr 1 *m* vor. Zur Römerzeit war der Portus Vallensis 2 *km* weiter südlich gelegen, als das jetzige Ende des Sees, und schon beginnt auch der Hafen der später erbauten Stadt Villeneuve zu versanden. Am unteren Ende wurde der See eingeschränkt durch die Arve, welche die große Ebene von Carouge anschwemmte (siehe Fig. 196).

Ganz ähnliche Erscheinungen finden wir am Südfuß der Alpen. Der See von Aosta ist schon vollständig durch die Dora Baltea ausgefüllt. Der Lago

maggiore wurde im Norden durch den Tessin und die Maggia, im Westen durch die Tosa verkleinert. Der Lago di Como war früher ebenfalls viel größer, er reichte bis Chiavenna und bis Tirano. Der fruchtbare Boden des Veltlins wurde von der Adda angeschwemmt, dieselbe trennte sogar im nördlichen Teil ein Stück des Sees ab, den Lago di Mezzola, welcher durch die Maira auf seine jetzige Ausdehnung beschränkt wurde. Auch die anderen oberitalienischen Seen, Luganer-, Orta-, Garda- und Iseosee sind solche versunkene und zum Teil wieder ausgefüllte Erosionstäler. Beim Iseosee lassen die Glacialterassen ähnlich wie am Zürichsee ein rückläufiges Gefälle erkennen, ebenso am Leccosee.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Juraseen. Hier wurde das Wasser in der großen Jurasenke zunächst zu einem einzigen Seebecken gestaut das Bieler-, Murtner- und Neuenburgersee umfaßte und erst durch den gewaltigen Schuttkegel, den die Aare von Aarberg bis Büren ablagerte, wurden die Seen von einander getrennt. Der obere Teil des Neuenburgersees wurde dann von der Orb und Ziehl und ebenso der Murtnersee von Payerne bis Avenches von der Broye ausgefüllt. Um die vielen Überschwemmungen auf dem fast ebenen Kiesboden des großen Mooses zu vermeiden, leitete man die Aare durch den Hagneck-Kanal in den Bielersee ab, wo sie ihr Geröll ablagern kann, um dann, mit dem Wasser der Ziehl vereinigt, im Aare-Ziehlkanal den See zu verlassen. Diese Juragewässerkorrektion dauerte 20 Jahre (1868—1889) und kostete 14 Mill. Fr.

e) Auch das Meer entfaltet eine zerstörende und eine aufbauende Tätigkeit am Ufer. Die Meeresoberfläche ist selten in völliger Ruhe, meist erzeugen die Land- und Seewinde, Ebbe und Flut oder eigentliche Stürme Wellen, welche stetig an den Küstenfelsen nagen und dieselben nach und nach zum Einstürzen bringen; so verliert an der Steilküste das Land immer mehr an Terrain. Schöne Beispiele dafür sind die Steilküsten der Normandie, wo man die im Meere draußen aus dem Wasser hervorragenden Überreste der Küste die Seekühe nennt, ebenso die Insel Helgoland, welche auf den ältesten Karten 4mal größer als gegenwärtig dargestellt wird, wodurch sich auch die Seichtsee um diese Insel herum erklärt. Die gleiche Arbeit verrichtet die Brandung an der Westküste von Skandinavien, an den Steilküsten von England und Irland, die Hebriden sind als Überbleibsel dieser Meereserosion zu betrachten. Die dabei entstehenden Abrasionsebenen hat man Peneplain[1]) genannt. (Finnland, Ardennen).

Fig. 197. Brandung. *g* Geröll, *s* Sand.

3. Gletscher und Lawinen.

Das Wasser hat auch in gefrorenem Zustande große umgestaltende Wirkungen auf die Erdoberfläche. In einer gewissen Höhe im Gebirge, in der Schweiz bei 2600—2700 *m*, schmilzt selbst im Sommer der Schnee nicht ganz weg, so daß da jahraus, jahrein Schnee sich vorfindet, die

[1]) engl. sprich Pineplän (= fast eben).

Region des ewigen Schnees. Die Grenze dieser Zone ist gegen den Äquator hin bis 5000 *m* hoch gelegen, in der Gegend des nördlichen Polarkreises aber steigt sie bis zu 500 *m* und im Südpolargebiet bis zum Meeresspiegel herunter. In dieser Schneeregion würde sich der Schnee immer mehr anhäufen, wenn er nicht ins Tal hinunter befördert würde. Dies geschieht an steilen Gehängen durch Lawinen, an muldenförmigen weniger geneigten Stellen durch die Gletscher.

Bei den Lawinen (Laui) unterscheidet man drei Arten: die Staublawinen, die Grundlawinen und die Gletscherlawinen.

1. Die Staublawinen entstehen infolge frisch gefallenen Schnees, der sich bei windstillem Wetter stark anhäufen oder durch den Wind selbst an steilen Gräten zu gewaltigen überhängenden Schneegewächten zusammengeweht werden kann. Durch irgend eine Erschütterung der Luft kommt die lockere Schneemasse ins Rutschen und Rollen und stürzt, in eine Schneewolke gehüllt, mit großer Gewalt in die Tiefe. Die Staublawinen wirken mehr durch den Windschlag, als durch den Schnee selbst, indem Bäume und kleinere Häuschen umgeworfen werden. Sie können zu jeder Jahreszeit entstehen und gehen nicht an bestimmten Stellen nieder, sondern erscheinen nach starkem Schneefall ganz unerwartet da oder dort, gewöhnlich zur Mittagszeit zwischen 10 und 4 Uhr, weswegen sie besonders gefürchtet sind. Zu diesen gehören auch die große Zahl der kleinen Firnlawinen, die aber meist nur auf die Firnfelder niedergehen (Nordabhang der Jungfrau, des Breithorns u. s. w.).

2. Die Grund- oder Schlaglawinen sind gewaltigere, bedeutsamere Erscheinungen. Wenn im Frühling oder Sommer der Schnee oberflächlich zu schmelzen beginnt, so sickert das Wasser in den darunterliegenden Schnee ein und macht den Untergrund feucht und schlüpfrig, dann kann auf einmal alles zusammen sich in Bewegung setzen und ins Tal hinunter gleiten. Da es meistens große, während des ganzen Winters angehäufte und durch das Frühlingsschmelzwasser beschwerte Schneemassen sind, die so zur Tiefe stürzen, kann diese Lawine beträchtliche Zerstörungen anrichten. Sie fegt Sträucher, Bäume und Häuser vom Erdboden weg und überdeckt in ihrem Ablagerungsgebiet weite Strecken mit Schnee, welcher beim Abschmelzen Sand, Geröll und Schlamm zurückläßt. Solche Lawinenfälle ereignen sich in allen Alpenhochtälern, besonders großartig sind sie in den Zügen am Landwasser, bei Guttannen, im Goms, auf der Lenzerheide u. s. w.

Glücklicherweise ereignen sich dieselben ziemlich regelmäßig jeden Frühling an bestimmten Orten (Lawinenzüge), so daß man sie meistens unschädlich machen kann: Lawinenverbauung. Im Sammelgebiete führt man vielerorts kleine Mäuerchen auf oder rammt Pfähle ein zum Festhalten des Schnees (Harder bei Interlaken, Tiefentobel und Züge am Landwasser). Im Lawinenzug werden Schutzgallerien, über welche

die Lawine hinwegfegen kann, gebaut (Schöllenen, Simplonstraße, Splügenstraße). Im Ablagerungsgebiet errichtet man keilförmige Mauern zum Ablenken und Brechen des Schneestromes (Oberwald, Valorcine). Auch hat man von Alters her mit großer Sorgfalt Wälder zum Schutze gegen die Lawinen gepflanzt (Bannwald ob Altorf, ob Andermatt, ob Hüttenberg am Mürtschen).

Die Lawinen haben neben dem vielen Schaden, den sie anrichten, auch großen Nutzen für die Vegetation; denn sie machen hochgelegene Alpenweiden früher schneefrei und bewirken dadurch ein baldigeres Ergrünen derselben, was bei den kurzen Sommern in den Alpen sehr wertvoll ist, aus diesem Grunde werden nur die schädlichen verbaut.

Fig. 198. Ideale Gletscherlandschaft (nach F. Simony).
Oben Firnmulde, auf dem Gletscherrücken Mittel- und Seitenmoränen, unten Gletschertisch und Gletschertor.

3. Gletscherlawinen kommen zustande, wenn das Eis auf zu steiler Unterlage ins Rutschen gerät und zu Tal fährt, (Getrozgletscher 1818, Biesgletscher 1846, Altelsgletscher 1895). Die Gletscherabstürze wiederholen sich auch, aber nur in großen Zeiträumen, so an der Altels zirka alle 200 Jahre.

Die Gletscher sind Eisströme, welche den Schnee in kompakter Form zu Tal befördern. Der Gletscher nimmt seinen Ursprung in der Firnmulde. In ihr sammelt sich der Schnee an; durch Schmelzen und Wiedergefrieren wird er körnig (Firnschnee)[1]. Infolge ihres Gewichtes

[1]) firn = fern = letztjährig.

fließt diese Firnmasse am tiefsten Punkte aus der Firnmulde heraus und bewegt sich langsam ins Tal hinunter. Die fließende Bewegung ist, ähnlich wie bei einem Flusse, in der Mitte größer als am Rande, was man durch gefärbte Steinreihen auf dem Rhonegletscher schön hat zeigen können. Die Schnelligkeit des Eistransportes ist örtlich sehr verschieden, in unseren Alpen etwa 60—120 *m* per Jahr, in Grönland 20—30 *m* im Tag.

Fig. 199. Gletscherspalten.

Während die Gletschermasse oben ganz feinkörnig ist, wird das Korn des Eises nach unten immer größer, und am untern Ende findet man nuß- bis faustgroße Gletscherkörner, die mit einander innig verwachsen sind und erst beim Abschmelzen losgelöst werden können.

Durch die Bewegung des Gletschers bilden sich häufig Spalten. Wenn sich der Firn am Gehänge losreißt, entstehen die Firnspalten, die, weil oft verschneit, dem Gletscherwanderer sehr gefährlich werden können. Bewegt sich der Gletscher über steiler werdenden Untergrund, so bricht der Gletscher an der Oberfläche und zeigt Querspalten (Fig. 199), welche bei normalem Gefälle sich wieder schließen. Durch das ungleiche Vorrücken der Eismassen in der Mitte und an der Seite werden Längs- oder Zugspalten verursacht. Wenn das oberflächliche Gletscherwasser in die Spalten hinunterstürzt, so höhlt es den Untergrund mit Hilfe des stets sich hier vorfindenden Gerölls aus (Gletschermühlen). Solche Aushöhlungen zeigen die Gletscherböden in den Alpen nur in ganz kleinem Maßstabe, weil die Spalten nicht lange am gleichen Orte bleiben; aber bei den diluvialen Gletschern der Schweiz, wo die Bewegung offenbar eine langsamere war, bildeten sich prachtvolle Riesentöpfe, so bei Luzern, auf der Maloja, bei Bern (Bahnhof Neubau), Solothurn (Steinbruch).

Fig. 200. Durchschnitt einer Gletschermoräne.

Fig. 201. Gletschertisch (nach Brückner).

Fig. 202. Gletschermoränen. *s* Seitenmoränen, *m* Mittelmoränen, *e* Endmoräne.

Die kleinen Hängegletscher, die in großer Zahl in hoch gelegenen Nischen ruhen, erstrecken sich nur wenig unterhalb der Schneegrenze und sind deshalb den größten Teil des Jahres ganz überschneit (Blümlisalp gegen den Oeschinensee, Jungfrau am Nordabfall). Häufig verursachen sie kleine Gletscherlawinen, deren Krachen man weithin hört

(Wengernalp); oft vereinigen sie sich weiter unten zu einem neuen Gletscher (Schwarzwaldgletscher am Wetterhorn).

Die eigentlichen Talgletscher reichen bis 1000 *m* unter die Schneegrenze hinunter. Sie schmelzen unten fortwährend ab, so daß ihnen das Schmelzwasser in Form eines Gletscherbaches entströmt (Gletschertor). Aber auch an der Gletscheroberfläche wird das Eis stets stark geschmolzen. Liegen auf demselben große Gesteinsblöcke, welche von den hervorragenden Bergkämmen heruntergefallen sind, so schützen sie das Eis vor den Sonnenstrahlen, und erzeugen die Gletschertische; kleine, dunkle Gesteinsfragmente dagegen schmelzen sich, da sie viel Wärme absorbieren, ins Eis ein, und so entstehen kleine Vertiefungen (Fig, 201). Größere Schuttbedeckungen, welche man Moränen[1]) nennt, ruhen fast immer auf erhöhter Eisunterlage. Die Moränen werden je nach ihrer Lage Seiten-, Mittel-, End- und Grundmoräne genannt (Fig. 202). Während die ersten 3 Arten meist aus kleineren und größeren Gesteinstrümmern bestehen, wie sie, durch die Frostwirkung vom Gehänge losgelöst, auf den Gletscher fallen, weist die Grundmoräne hauptsächlich Schlamm (Blocklehm) auf, welcher gebildet wird durch die fortwährende Abschleifung des Gletscherbettes. Die Gesteinsstücke, die im Eise eingeschlossen über den felsigen Untergrund fortgestoßen werden, kritzen oder polieren je nach ihrer Härte den Boden, und das Zerreibsel ist ein feiner Schlamm, der bei den jetzigen Gletschern der Alpen durch den Gletscherbach zu einem großen Teil fortgeführt wird (Gletschermilch), aber bei den Inlandgletschern Grönlands große Ablagerungen bildet. Früherer Gletscherboden zeigt daher Politur und ziemlich parallele Gletscherkritze (Gletscherschliff), ebenso die mitgeführten Gesteine (gekritzte Geschiebe). Die durch den Gletscherbach verursachten fluvioglacialen Geröllablagerungen zeigen die Kritze nicht mehr. Wenn der Gletscher über eine Erhöhung hinwegfließt, so rundet er dieselbe ab, und das Resultat davon sind die Rundhöcker. Solche finden wir in vielen Alpentälern: Engadin, Gotthardpaßhöhe, auf der Grimsel. (Fig. 203.) Die Gletscher können auch in die Tiefe erodieren, wie viele kleine Vertiefungen auf dem Gletscherboden und größere, flache Becken im festen Gestein, sogenannte Kahre zeigen, in diesen kann sich beim Rückzug des Eises das Wasser stauen. So sollen die drei Murgseen, der Milchspühlersee, das Engiseeli, alle im Glarnerland und der Grimselsee entstanden sein. Über den Betrag dieser Tiefenerosion sind aber die Ansichten noch nicht abgeklärt (s. S. 151 See-Entstehung). Enge Täler hingegen werden mit Grundmoräne und Geschiebe ausgefüllt, so daß die Gletscher eine ausgleichende Wirkung haben; so erklärt sich der Gegensatz des einst gletscherdurchflossenen Glattales und des neu erodierten Tößtals.

[1]) Moräne von mur = Schutt (von mürbe), siehe auch Murgang. S. 148.

Das Vorkommen von Riesentöpfen, Rundhöckern u. s. w. im schweizer. Mittelland lehrt uns, daß die Gletscher früher eine viel größere Verbreitung hatten, während anderseits die Ausbildung ganzer Talsysteme in der Schneeregion uns zeigt, daß die Alpen zu einer andern Zeit weniger oder gar keine Gletscher hatten (Aletschgletscher). In der Tat war früher einmal die ganze Schweiz mit Eis bedeckt. Diese Eiszeit werden wir am Ende der Erdgeschichte (S. 199) ausführlich besprechen. Auch in der Jetztzeit sind die Gletscher keineswegs konstant, sondern man beobachtet häufig ein Vorrücken oder ein Zurückgehen der Gletscher. Diese Schwankungen, die ziemlich bedeutend werden können, werden verursacht durch Witterungsverhältnisse, wie starker Schneefall im Winter, oder wenig Niederschläge und heiße Sommer. In

Fig. 203. Rundhöckerlandschaft der Umgebung von St. Moriz im Engadin.
(Nach Neumayr, Erdgeschichte.)

unseren Alpen hatten wir im letzten Jahrhundert 3 Vorstöße, einen starken 1814—1818, einen zweiten 1840—1850 und einen schwachen 1875; gegenwärtig gehen die meisten Gletscher zurück, nur wenige stoßen etwas vor.

Die Gletscher sind eine allgemeine Erscheinung hoher, niederschlagsreicher Gebirge. In den Alpen, wo wir etwa 2000 Gletscher zählen, reichen die Gletscher bis in eine Tiefe von 1500 *m* hinab. In der Schweiz bedecken sie eine Fläche von fast 2000 km^2; sie liefern unseren Flüssen auch im Sommer reichliche Mengen Wasser, was zur Bewässerung des Landes, wie z. B. im Wallis (bisses) von größter Bedeutung ist. In der Tropenzone (Himalaja) kommen sie, entsprechend der hochgelegenen Schneelinie, nur bis etwa 4000 *m* tief hinunter. Während in den Alpen gewöhnlich jeder Gletscher seine eigene Firnmulde hat, nehmen in Skandi-

navien meist eine ganze Reihe kleinerer Gletscher ihren Ursprung von einer großen, gemeinsamen, kappenartigen Firnmasse (Fjelden), ebenso ist es beim Mustagata im Pamir und in den Polargegenden.

In diesen hohen Breiten aber erreichen die Gletscher bei dem tiefen Stande der Schneelinie das Meer, und erst da erfolgt der Abfluß der gewaltigen Inlandeismassen (Grönland, Spitzbergen). Da die Gletscher sich hier sehr schnell bewegen (bis 20 *m* täglich), wird das Eis bis weit ins Wasser hinausgestoßen, so daß durch den Auftrieb kleinere und größere Stücke (die Eisberge) abgetrennt werden (das Kalben der Gletscher). (Fig. 204.) Dieselben ragen, weil sie als Süßwassereis auf schwererem Salzwasser schwimmen, um $\frac{1}{7}$ aus dem Wasser hervor, so daß

Fig. 204. Schwimmende Eisberge. (Links Gletscherende „Eiswand", rechts Eisberg. vorn Packeis = Feldeis, aus Meerwasser gebildet.)

weitaus der größte Teil sich unter der Wasseroberfläche befindet. Durch die große Masse der sich ablösenden Eisblöcke erklärt sich die Tatsache, daß sie durch kalte Strömungen bis in die Breite von New-York und noch weiter südlich gelangen können, ohne ganz zu schmelzen. Beim Abschmelzen fallen Gesteinsblöcke und anderes Schuttmaterial, das sie eingeschlossen enthalten, auf den Meeresgrund und häufen sich da an (Neufundlandbänke).

4. Windwirkungen.

Während an der Steilküste das Ufer erodiert wird, zeigt sich an der Flachküste eine Art Akkumulation. Die Wogen bringen Sand und Schlamm, welcher zum Teil vom Ufer selbst losgelöst wurde, zum Teil von den Flüssen, die an den Flachküsten münden, herrührt, ans Land. Dieses Material wird von den häufigen Küsten-Winden er-

griffen und landeinwärts geführt. Durch irgend ein Hindernis veranlaßt, werden dadurch kleine Sandhügel, Dünen, oft mehrfach hinter einander, angehäuft. Diese Dünen, die eine Höhe von 50 *m* erreichen, können zur eigentlichen Landplage werden, indem der unfruchtbare Sand weit ins Land hineingetragen werden kann, wodurch immer wieder neue Sandhügel entstehen (Wandern der Dünen). Man hat deswegen auch versucht, durch Anpflanzung des tiefwurzelnden Dünenhafers und der Strandkiefer der Wanderung entgegen zu treten. Durch die Dünen wird oft das Wasser der Flüsse gestaut, es entstehen so sumpfige Stellen und Seen. Dünenlandschaften finden wir an der Küste von Bordeaux und an der Küste der Nordsee, in Schleswig und Holland.

Bei den Nehrungen der Ostsee finden sich viele Dünen, und die Nehrung selbst muß als ein solcher Sanddamm aufgefaßt werden, ähnlich wie der Lido von Venedig; das Wasser, das dadurch vom Meere abgetrennt wird, ist nur halbsalzig und heißt Brackwasser; es weist eine eigene Flora und Fauna auf. — So arbeitet das Meer an der Steilküste abtragend und an der Flachküste anlagernd und hat dadurch eine ausgleichende Wirkung für die Umgrenzung der Kontinente.

Fig. 205. Düne in der libyschen Wüste, 100 *m* hoch (n. Zittel). Der Pfeil gibt die Windrichtung an.

Auch in der Wüste finden sich ausgedehnte Dünenlandschaften. Der Wind häuft da oft in kurzer Zeit Hügel von 100 und noch mehr Metern Höhe an, da der feine Wüstensand leichter als der Küstensand fortgeführt werden kann. Schon der nächste Sturm verändert gewöhnlich wieder gänzlich das Aussehen der Landschaft, daher rührt es, daß keine eigentlichen Wüstenstraßen errichtet werden können und die Karawanen-Wanderungen durch die Umgehung der aus lockerem Sande bestehenden Hügel sehr gehindert werden. Wenn der vom Winde fortgeführte Sand auf festes Gestein stößt, so schleift er dasselbe ab, und es entsteht der Sandschliff oder Windschliff. Derselbe ist überall am Rande der Sandwüsten zu finden (westliches Ägypten, Sphinx, Atlas bei Biskra), ebenso am Übergang in die Steinwüsten und selbst an einzelnen größeren losen Gesteinsstücken (Kantergeschiebe).

Die Winde bewirken noch eine andere Art von Alluvion. Während nämlich die Sandkörner bald wieder zur Erde fallen, bleibt der feine Staub noch lange in der Schwebe und kann daher weit fortgetragen und an entfernten Orten abgelagert werden. Wenn solche Ablagerungen sich während langen Zeiträumen anhäufen, entstehen die Lößbildungen.[1])

[1]) von lose = locker, abgeleitet.

Da sich dieselben langsam vollziehen, können die Pflanzen und Tiere in den betreffenden Gebieten weitergedeihen, und daher sind diese gelblichen feinstaubigen Massen vielfach durchzogen von Kanälchen, die von abgestorbenen Wurzeln herrühren und hie und da ganz erfüllt von kleinen Schneckengehäusen (Lößschnecken). Häufig wird durch spätere Auslaugung der Kalkgehalt der oberen Partien in die unteren geführt, dadurch entstehen oben mehr lehmige Schichten (Leimenzone) und unten Kalkkonkretionen, die sogenannten Lößmännchen. Große Lößmassen finden sich in China in der Ebene des Hoangho, herstammend aus der Wütte Gobi; in Mesopotamien sind die Ruinen der großen alten Städte

Fig. 206. Lößlandschaft in China.

ganz unter dem Löß begraben, der aus der syrischen Wüste herübergetragen wurde. Im Rheintal, Donautal und in der bayerischen Hochebene sind ebenfalls Lößablagerungen, die durch den feinen Staub gebildet wurden, welcher nach dem Rückzug der Gletscher, aus den Moränen der norddeutschen Tiefebene durch die Nordostwinde ausgeblasen wurde. Der ähnlich gebildete durch Humussubstanzen dunkelgefärbte Löß von Südrußland heißt Schwarzerde. Die Lößlandschaften zeichnen sich samt und sonders durch steil abfallende Wände aus. Die große Fruchtbarkeit dieses Bodens erklärt sich aus dem vielseitig zusammengesetzten Material. In der Schweiz hat nur der Kanton Baselstadt etwas ausgedehnten Lößboden, im übrigen findet man noch im Rheintal von Basel bis Waldshut und im Aaretal bis Olten etwas Lößablagerung.

II. Abschnitt.

Vulkanische Erscheinungen.

Wenn wir in das E r d i n n e r e vordringen, so machen wir die Beobachtung, daß die Temperatur stetig zunimmt. Die Wärmeschwankungen der Erdoberfläche, welche durch die Insolation bedingt sind, machen sich bei uns höchstens bis in eine Tiefe von 20 *m* geltend. Da herrscht jahraus, jahrein dieselbe Temperatur, die gleich ist der mittleren Temperatur des Ortes (für Zürich und Bern 8—9°). Aus diesem Grunde sind gute Keller und gute Quellen im Sommer kälter und im Winter wärmer als die Lufttemperatur. Von 20 *m* an nimmt die Temperatur ganz regelmäßig zu und zwar um 1° für etwa 30 *m* (Bohrloch von Sperenberg 31 *m*, von Paruschowitz in Schlesien 29 *m*, bei 2003 *m* = 69°). Diese Distanz von zirka 30 *m* heißt die g e o t h e r m i s c h e T i e f e n s t u f e und die Linien gleicher Erdwärme sind d i e G e o i s o t h e r m e n. Dieselben sind von Bedeutung bei der Anlage von Bergwerken und Tunneln und für die Erklärung der warmen Quellen.

Fig. 207. Lage der Geoisothermen im Gotthardmassiv.
Zahlen auf der Profillinie = mittlere Bodentemperaturen. Zahlen auf der Tunnelachse = Temperaturen beim Tunnelbau. Zahlen auf den Kurven = Temperaturen der Isothermen.

Je tiefer ein B e r g w e r k ist, umso höher ist die dort herrschende Temperatur, und in einer gewissen Tiefe wird die Ausbeutung durch die Erdwärme verunmöglicht. (In Přibram in Böhmen, zur Zeit tiefstes Bergwerk in Europa (1070 *m*), ist es fast unerträglich warm; in einem Bergwerk am Obersee in Nord-Amerika (1524 *m* tief) werden die Arbeiter von Zeit zu Zeit unter eine Brause gestellt.)

Obwohl im Gebirge wegen der starken Wärmeausstrahlung der hervorragenden Partien der Erde die Tiefenstufe größer ist als im Tal (im Gotthardmassiv bis 60 *m*), so steigen doch die Geoisothermen im Gebirge nach oben (Fig. 207). Deswegen hat man bei den großen A l p e n t u n n e l n ziemlich hohe Temperaturen angetroffen (Gotthardtunnel 30.8°, Simplontunnel 54°), wodurch ebenfalls die Arbeit wesentlich erschwert wurde.

Unter den Quellen gibt es nicht selten solche, deren Temperatur höher ist, als die mittlere Temperatur des Ursprungsortes; diese werden

warme Quellen oder Thermen[1]) genannt. Sie zeugen ebenfalls von der größeren Wärme des Erdinnern und zwar muß das Wasser aus einer Tiefe kommen, in welcher die der Quellentemperatur entsprechende Geoisotherme verläuft (s. S. 138).

Die großartigsten Erscheinungen, welche uns von dem heißen Erdinnern Kunde geben, sind die Vulkane. Wenn wir die oben angegebene Tiefenstufe von 30 *m* als allgemein geltend betrachten, was natürlich nur eine rohe Annäherung an die Wirklichkeit sein kann, so muß schon in einer Tiefe von 60 *km* eine Temperatur von 2000 ^{0} herrschen. In dieser Hitze schmelzen alle uns bekannten Gesteine, (Vesuvlava schon bei 1200 ^{0}) wir können deshalb annehmen, daß in dieser Tiefe alles in geschmolzenem, wenn auch wegen dem großen Drucke in dickflüssigem Zustande vorhanden sei. Diese geschmolzene Masse, die vollständig mit Gasen durchtränkt ist, heißt Magma.[2]) Wenn dasselbe die relativ dünne Erdkruste (etwa $^1/_{100}$ des Erdradius) durchbricht, so entstehen die Vulkane.

1. Tätige Vulkane.

Ausbruch, Eruption.[3]) Um einen richtigen Begriff von den vulkanischen Ausbrüchen früherer Zeiten und der Bildung der vulkanischen Gesteine zu erhalten, gehen wir am besten von den Vulkanen der Gegenwart aus. Ein tätiger Vulkan stößt während den Ruhepausen kleinere und größere Mengen Wasserdampf aus, so daß ihm beständig eine Wolkensäule entsteigt. Bereitet sich ein Ausbruch vor, so hört man gewöhnlich schon tagelang vorher ein dumpfes unterirdisches Rollen, das fortwährend stärker wird und von einem schwachen Erzittern des Bodens begleitet ist. Diese Erscheinungen nehmen immer mehr zu, so daß zuletzt die Erde unter großem Getöse erbebt. Die darauf folgende Katastrophe ist von einem furchtbaren Krachen und einer gewaltigen Erschütterung des Bodens begleitet, was daher rührt, daß die heraufgetriebene Magmamasse die alte Verstopfung im Kratergrunde zersprengt oder den Kraterrand selbst zum Bersten bringt, um sich einen Ausweg zu verschaffen. Gleichzeitig steigt eine mächtige Rauch- und Dampfsäule empor, die sich über dem Vulkan pinienartig ausbreitet und eine Höhe von mehreren 1000 *m* erreicht (Fig. 208). Gleich darauf fällt ein dichter Aschenregen (durch den Wasserdampf zersprengte Lavamasse), begleitet von vulkanischem Sande und Lapilli[4]) (kleinere bis nußgroße Lavatrümmer) und vulkanische Bomben von Faust- bis Kopfgröße, womit die Gegend oft stundenweit überdeckt wird. Die Ausbrüche sind stets begleitet von majestätischen Gewittererscheinungen und wolkenbruchartigen Regengüssen, die durch den, aus dem Vulkan ausgestoßenen, massenhaften Wasserdampf bedingt sind. Das Wasser vereinigt sich häufig mit der Asche und dem Sande

[1]) griech. thérmos = warm. — [2]) griech. mágma = Teig. — [3]) lat. erúmpere = hervorbrechen. — [4]) ital. lapilli = Steinchen.

zu verheerenden Schlammströmen, die mit großer Schnelligkeit den Berg hinunterfließen, alles unter sich begrabend. (Herkulanum und Pompeji 79 n. Chr.) Zuletzt bricht aus einer seitlichen Spalte des Kraters die feuerflüssige Lava heraus und bewegt sich erst schnell, dann langsamer den Bergrücken hinunter, immer noch Wasserdampf ausstoßend und dadurch kleine Schlackenkegel aufwerfend. (Fig. 209.) Alles was der Lavastrom erreicht, fällt der vollständigen Zerstörung anheim. Oft aber kommt es gar nicht zum Erguß der Lava und die Verheerungen werden nur durch die glühend heißen vulkanischen Dämpfe hervorgerufen (Mt. Pelé, St. Soufrière).

Mit dem Wasserdampf entströmen dem Vulkane noch viele andere Gase, wie Salzsäure, schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Kochsalzdämpfe u. s. w., welche an den Wänden und Klüften des Kraters allerlei Mineralneubildungen hervorrufen, wie Kochsalz, Schwefel, Eisenglanz, Gyps u. s. w. — Eigentümliche Erscheinungen treten zutage, wo das Magma in Berührung mit anderen Gesteinen kommt, diese werden meist sehr verändert = Kontaktmetamorphose. Tonige Kalke werden zu Bandjaspis, reiner Kalkstein zu Marmor oft mit Neubildungen von Kontaktmineralien wie Vesuvian, Turmalin, Epidot, Granat (Vesuv, Kaiserstuhl, Piz Giuf); Braunkohle wird zu Koks und Lehm zu Ziegelstein gebrannt (böhm. Mittelgebirge). Tonschiefer erhalten in weiter Ausdehnung (Kontaktzone) kleine dunkle Knötchen

Fig. 208. Ausbruch des Vesuvs im Oktober 1822.

= Knotenschiefer, oder Körner = Fruchtschiefer (Vogesen). Sehr auffallend sind die Kontakterscheinungen bei Stücken von Gesteinen, die das Magma auf seinem Wege zur Erdoberfläche von der Gangwandung absprengte und mit heraufbrachte (Apenninkalk beim Vesuv, Jurakalk ,und Gneiseinschlüsse beim Kaiserstuhl und im Hegauer Phonolith). Die kristallinischen Schiefer sind oft ganz durchdrungen von vulkanischem Gestein, wodurch sie eine schlierige Textur erhalten, so am Gotthard, im Maderanertal, am Großvenediger (Injektionszonen).

Fig. 209. Lavastrom mit Schlackenkegeln vom Vesuv.

Durch wiederholte Ausbrüche wird nach und nach aus Asche und Lava in abwechselnden Lagen ein kegelartiger Berg, der Vulkankegel, aufgeführt; derselbe ist also nicht etwa gehobenes Land, sondern durch die Eruptionsprodukte aufgeschüttet worden. (Strato-Vulkan.)

Einige tätige Vulkane. Gegenwärtig sind auf der ganzen Erde ungefähr 130 Vulkane tätig, während in historischer Zeit etwa 600 Vulkane Ausbrüche hatten. In Europa ist der bekannteste tätige Vulkan der Vesuv. Derselbe hat innerhalb eines zum Teil stark abgetragenen alten Kraters (Monte Somma) im Jahre 79 n. Chr durch einen gewaltigen Ausbruch, dem Herkulanum und Pompeji zum Opfer fielen, einen neuen Kegel aufgeworfen. Seit jener Zeit ist er, mit Ausnahme einer langen 500jährigen Pause vom 12. bis 17. Jahrhundert, stets in schwächerer oder stärkerer Tätigkeit gewesen. Die letzten großen Eruptionen fanden nach der langen Ruheperiode im Jahre 1631, ferner 1822, 1872 und 1906 statt. Bei dem letzteren Ausbruch wurde durch die heftigen Explosionen der obere Teil des Kegels in die Luft geschleudert, so daß der frühere steile Kegel stark abgeflacht wurde. Gegenwärtig wird er durch Auswerfen von Asche und Lapilli nach und nach wieder erhöht. Der Stromboli auf den liparischen Inseln hat in seinem Krater fortwährend flüssige Lava, die in viertelstündigen Perioden sich hebt und senkt, wobei regelmäßig kleine

Explosionen entstehen. Auch vom Barometerstande ist seine Tätigkeit abhängig, indem schwacher Luftdruck die Lava höher steigen läßt, so daß eine stärkere Dampfentwicklung beim Stromboli ein sicheres Schlecht-Wetterzeichen ist.

Der Ätna auf Sizilien ist ein gewaltiger, isoliert stehender Vulkanberg, der sich auf einer Basis, die $^2/_3$ des Flächeninhaltes des Kantons Zürich beträgt, vom Meeresstrande bis zur Höhe des Scheerhornes (3313 *m*) erhebt. Alle 9—11 Jahre ist er in starker Tätigkeit begriffen, aus dem Hauptkrater werden dann Dämpfe, Aschen und Bomben ausgestoßen, und aus radialen Rissen am Abhange des Berges ergießt sich die Lava in Strömen, während da und dort auf diesen Rissen kleine Seitenkegel aufgeschüttet werden (Nebenkrater).

Eine merkwürdige Erscheinung war die im Jahre 1831 südlich von Sizilien erschienene „ephemere" Insel Giulia, welche ihre Entstehung submariner vulkanischer Tätigkeit verdankte; aber noch in demselben Jahre durch die Wellen zerstört wurde. Gleich ist es zwei neuen vulkanischen Inseln bei den Aleuten ergangen.

In ähnlicher Weise sind in früheren Zeiten die vielen vulkanischen Inseln des griechischen Archipels (Santorin, Nisyros) und des großen Ozeans (Neu-Hebriden, Kurilen) entstanden.

Von den neueren außereuropäischen Eruptionen wollen wir nur zwei erwähnen, die des Krakatau in der Sundastraße und die von Martinique, einer der kleinen Antillen, welche zwei Inseln vollständig aus vulkanischem Material bestehen. Der Krakatau hatte seit längerer Zeit keinerlei Tätigkeit mehr gezeigt, als plötzlich im Mai 1883 ein gewaltiger Ausbruch erfolgte. Derselbe war so heftig, daß der größte Teil der Insel ins Meer versank und dabei eine Flutwelle erzeugt wurde, welche die nächsten Inseln bis zu einer Höhe von 30 *m* überschwemmte und sich durch den ganzen Stillen Ozean hindurch bis an die Küste von Südamerika bemerkbar machte. Die ausgespieenen Aschenteilchen wurden zum Teil so fein verteilt und in solche Höhe hinaufgetragen, daß sie sich noch länger als ein Jahr in der Schwebe hielten und in ganz Europa die prachtvollen Dämmerungserscheinungen von 1884 und 1885 bedingten. — Im Mai des Jahres 1902 hat der Mont Pelé auf Martinique, plötzlich unter gewaltiger Explosion eine große Masse von vulkanischen Dämpfen ausgestoßen, wodurch in einigen Sekunden die 40.000 Einwohner von St. Pierre erstickt wurden, so daß nur wenige Augenzeugen der Katastrophe entkamen. Zugleich sind auch andere Vulkane des Antillenbogens, wie Mont Soufrière auf St. Vicent, aufs neue in stärkere Tätigkeit getreten, indem sie große Aschenmassen ausstießen, ohne bis jetzt wieder ganz zur Ruhe gekommen zu sein. Eine einzigartige Erscheinung ist der große Lavasee des Kilauea auf den Hawaii-Inseln; fortwährend quillt daselbst in einem Kraterbecken Lava empor, oft unter Eruptionen. Wenn die Lava die Höhe des Beckenrandes erreicht hat, durchbricht sie denselben und ergießt sich in gewaltigem Strome den Vulkankegel hinunter, oft bis ins Meer.

Die geographische Verbreitung der Vulkane[1]) zeigt die überraschende Tatsache, daß dieselben meist in Gesellschaft, und zwar auf mehr oder weniger geraden Linien, angeordnet sind. So sind die vulkanischen Inseln der Cycladen bei Griechenland auf einer schwach gebogenen Linie gelegen, auch die Vulkane, die den großen Ozean umkränzen, bilden ganze Reihen von Kraterbergen, so auf Sumatra und Java, dann auf den Philippinen und Japan, auf den Kurilen, Kamtschatka und den Aleuten, dann auf der Ostseite in den Rocky Mountains, in Kalifornien, Mexiko und Zentralamerika und weiter nach Süden in Bolivia, Chile und Perú. Alle diese Vulkane und auch die meisten andern nicht erwähnten treten am Meeresufer oder doch nahe dem Meere

---

[1]) Siehe Schulatlas S. 122.

auf, nur wenige befinden sich im Innern der Kontinente, wie der Boschan und seine Solfataren in Zentralasien.

Die Ursache der vulkanischen Ausbrüche hat man zweifellos auf die fortschreitende Abkühlung der Erde zurückzuführen. Bei dem dadurch bedingten Schrumpfungsprozesse entstehen Risse und durch dieselben dringt das flüssige Magma heraus. In Zentralamerika kann man beim Chiquimuta (Guatemala) eine Spalte, auf der sich 5 kleinere Vulkankegel befinden, deutlich meilenweit verfolgen. Die treibende Kraft bei den Ausbrüchen liefern die Dämpfe; denn ohne diese würde die spezifisch schwerere Magmamasse keine Veranlassung haben, die etwas leichtere Erdrinde zu durchbrechen. Man glaubte früher, daß die ungemein großen Wassermassen, die tatsächlich bei jeder Eruption ausgestoßen werden, daher rühren, daß durch Risse und Spalten Meerwasser bis zum Magma eindringe. Diese Ansicht, welche scheinbar durch das häufige Auftreten der Vulkane am Rande der Kontinente gestützt wird (Ausnahme Boschan in Zentralasien), ist aus mehrfachen Gründen zu verwerfen; denn erstens sind in der Erdkruste wegen dem allseitig herrschenden Drucke keine klaffende Spalten bis in die nötige Tiefe hinab vorhanden, und zweitens würde das Wasser schon in einer Tiefe von etwa 3000 *m* verdampfen, lange bevor es das Magma (ca. 60.000 *m* tief) erreichen würde. Gegenwärtig nimmt man zur Erklärung dieser großartigen Naturerscheinungen an, daß das Magma von jeher Dämpfe in sich aufgelöst enthielt. Beim Erstarren werden dann die Dämpfe nach einem allgemeinen physikalischen Gesetze ausgeschieden und reißen bei ihrem Entweichen das Magma mit sich fort (Spratzen des Silbers, Wasserluft beim Eis). Diese Erklärungsweise ist mit allen bekannten Beobachtungen an Vulkanen im Einklange: durch Risse in der Erdkruste (hauptsächlich den großen Bruchlinien der Kontinentalplatten), dringt das Magma, von den beim Erstarrungsprozeß frei gewordenen Dämpfen gepreßt, sich selber den Weg bahnend (vulkanische Erdbeben), bis an die Erdoberfläche herauf und ergießt sich da als Lava, mit den zu Tuff gewordenen Aschenmassen die Vulkankegel auftürmend.

2. Postvulkanische[1]) Erscheinungen.

Nachdem der Vulkan seine eigentliche vulkanische Tätigkeit eingestellt hat, zeugen meist noch mannigfache Nachwirkungen davon, daß hier das Magma in der Erdkruste bis weit hinaufgetrieben worden ist.

a) Fumarolen.[2]) Zunächst entströmen dem Boden noch Wasserdämpfe, so bei den Fumarolen am Stromboli und Ätna; oft enthalten die Wasserdämpfe allerlei Stoffe gelöst, so Borsäure bei Sasso in der Toscana und auf der Insel Vulcano, oder Salzsäure, wie auf Island und Neuseeland.

---

[1]) lat. post = nachher. — [2]) lat. fumare = rauchen.

b) Solfataren.[1]) Enthalten die Wasserdämpfe schweflige Säure und Schwefelwasserstoff, so heißt man sie, nach dem Vorkommen solcher Dämpfe in einem alten Krater bei Neapel, Solfataren. Diese Exhalationen bedingen viele Neubildungen, wie Schwefel, Gyps, Alaun; so verdanken die großen Schwefellager bei Girgenti einer tertiären Solfatarentätigkeit ihren Ursprung.

c) Mofetten[2]) sind Gas- oder Dampfaushauchungen, welche namentlich Kohlensäure enthalten, so in der Hundsgrotte bei Neapel, in der Eifel, in der Auvergne, im Todestal auf Java. Bei Burgbrohl wird die Kohlensäure technisch verwendet. (Auch bei Schuls im Engadin finden sich einige Mofetten, die aber der Verwitterung von Eisenkies ihre Entstehung verdanken sollen.) Wenn das Gas in Wasser aufgelöst, heraustritt, so nennt man die Quellen Säuerlinge, Sauerbrunnen, wie Selters, Apollinaris. Überhaupt hängen viele der S. 139 erwähnten Mineralquellen mit früheren vulkanischen Ausbrüchen zusammen.

Fig. 210. Der Castle-Geysir in Eruption.
(Nach Haas, aus der Sturm- und Drangperiode der Erde I.)

d) Heiße Quellen oder Thermen sind in der Nähe tätiger und erloschener Vulkane sehr häufig, sie enthalten meist infolge ihrer hohen Temperatur mineralische Stoffe aufgelöst und sind deswegen heilkräftig (Wiesbaden 70 °, Karlbad 75 °). Die heißen kieselhaltigen Quellen heißen Geysire, so auf Island, auf Neuseeland und im Nationalpark Nordamerikas; viele von diesen sind intermittierend, d. h. sie schleudern von Zeit zu Zeit das in ihrem Schlote sich befindliche heiße Wasser

[1]) ital. solfaro = Schwefel. — [2]) ital. moféta vom Adjektiv mofetico = erstickend.

heraus, indem sich der in der Tiefe gebildete Wasserdampf infolge des Siedeverzuges plötzlich einen Ausweg verschafft (Fig. 210). Durch den Kieselabsatz werden oft prachtvolle Sinterterrassen gebildet.

e) Salsen[1]) oder Schlammvulkane. Wo die vulkanischen Gase (CO_2, seltener H_2S, SO_2) einen schlammigen Boden passieren müssen, werden durch die Ausbrüche kleine Krater aufgeworfen = die Schlammvulkane. Oft ist das ausgestoßene Wasser warm wie auf Island, im Nationalpark und auf Neuseeland, oft kalt wie bei Padua (Fangoschlamm), bei Girgenti (Salzwasser), bei Kronstadt in Siebenbürgen („Höllenmorast").

Es gibt auch Schlammvulkane mit nicht vulkanischer Ursache z. B. bedingt durch Petrolgase (bei Baku „heilige Feuer", Pennsylvanien „Petrolfontänen" und auf Borneo) oder durch Verkohlungsgase (Mississippidelta, Arsena auf Sizilien).

Die heißen, oft mit allerlei gelösten Stoffen (SiO_2, HCl, SO_2 u. s. w.) versehenen vulkanischen Wasser und Dämpfe haben im Laufe der Zeiten große Veränderungen an den umliegenden Gesteinen hervorgerufen, die man pneumatolytische Wirkungen nennt. So ist offenbar die Bildung der gewaltigen Kaolinlager von Meißen und Limoges aus Granit und Gneis, ebenso die Serpentinisierung von basischen Eruptivgesteinen darauf zurückzuführen. Vielleicht müssen auch die Epidotisierung und die Zeolithenbildungen so erklärt werden.

3. Erloschene Vulkane.

Wie in der Gegenwart, so fanden auch in früheren Erdperioden vulkanische Eruptionen statt, und da die Erdkruste noch weniger dick war und die Abkühlung noch schneller vor sich ging, wohl häufiger und in größerem Maßstabe. Die Gesteine, welche in dieser Weise die Erdrinde passierten oder in ihr selbst aus dem Schmelzfluß erstarrten, nennt man massige oder Erstarrungsgesteine (s. S. 116). Die ursprünglichen Vulkankrater haben sich aber nicht erhalten, sondern, sobald der vulkanische Kegel gebildet war, begann auch schon die Verwitterung ihr abtragendes Werk.

Denudationsreihe der Vulkane. Beim erloschenen Vulkan bildet sich zunächst durch Abbröckeln der inneren Seitenwände des Kraters ein weites Becken, das häufig einen Kratersee (Albanergebirge, Auvergne, und in der Eifel: Maare) enthält, oder aber wie in den phlegräischen Feldern bei Neapel einen offenen weiten Zirkus darstellt (Astroni, Solfatara). Wenn die Verwitterung weiter fortschreitet, wird der Tuff- und Lavamantel zum Teil weggeführt, und es kommt die erstarrte innere

---

[1]) Salso = Flüsschen in Süd-Sizilien.

Gesteinsmasse zum Vorschein, welche, da sie der Zerstörung leichter widersteht, über die Umgebung hervorragt, so die Kuppen im Hegau (Hohentwiel, Hohenstoffeln) und im böhmischen Mittelgebirge (Mileschauer, Teplitzer Schloßberg), sowie die Puys der Auvergne. Im Laufe der Jahrtausende kann die Abtragung vom ursprünglichen Vulkan nur noch kleine Hügel übrig lassen, wie beim Kaiserstuhl bei Freiburg und den Euganeen bei Padua (Fig. 211).

Fig. 211. Schematisches Profil durch einen Vulkan mit den verschiedenen Denudationsstadien (nach Heim).
a—a Kraterseen-Stadium (Eifel, phlegräische Felder); *b—b* Kuppen-Stadium (Hegau, böhmisches Mittelgebirge); *c—c* Hügel-Stadium (Kaiserstuhl, Euganeen) *d—d* Stöcke, Gänge (Schwarzwald, Vogesen).

Zuletzt wird alles dem Erdboden gleich, und man findet an der Stelle des früheren Vulkans nur noch Stöcke und Gänge von eruptivem Gestein und in dessen Nähe Kontaktmetamorphose, wie das bei fast allen vortertiären Ausbrüchen der Fall ist, im Erzgebirge, Schwarzwald, Vogesen. Bei Kimberly im Kapland befinden sich die vielen Diamanten in einem alten vulkanischen Schlot, der völlig abradiert ist. An solchen Stellen muß man sich über dem Gangaustritt jeweilen einen ganzen Vulkankegel ergänzt denken.

III. Abschnitt.

Gebirgsbildung.

Hebung und Senkung der Erdkruste. Man kennt eine große Zahl von Tatsachen, welche zeigen, daß einzelne Partien der Erdkruste sich gegen einander verschoben haben (Dislokationen). Bei großen Erdbeben haben sich z. B. häufig plötzliche Verschiebungen vollzogen. So hob sich im Jahre 1835 die Küste von Chile plötzlich um 8 *m*; beim Erdbeben von Japan (1891) entstand eine 200 *km* lange Spalte mit einer Sprunghöhe von 20—30 *m*, im Indusdelta wurde infolge eines Erdbebens (1809) ein ganzer Damm aufgeworfen: „Gottesdamm." Bei dem Erdbeben von San Franzisko 1906 wurde der Boden längs einer Spalte um 7 *m* verschoben.

Vielerorts sind aber auch langsame, sogenannte säkuläre Hebungen und Senkungen der Erdkruste beobachtet worden. Das Land bei Pozzuoli hat sich, wie die von Meeresmuscheln angefressenen Säulen des Serapistempels daselbst beweisen, in historischer Zeit um mehr als 7 *m* gesenkt und sich nachher ebensoviel gehoben. Die alten Strandlinien in Norwegen bis in eine Höhe von 200 *m* zeigen uns, daß sich dort das Land nach und nach um diesen Betrag aus dem Meere herausgehoben hat. Um die Fjordbildung zu erklären, muß man aber annehmen, daß Skandinavien früher viel höher war und sich erst später unter das heutige Niveau gesenkt hat. Gleiche Erscheinungen an der Westküste von Südamerika sprechen für eine Hebung des Landes von über 300 *m*

Dem gegenüber stehen viele Beispiele von Senkungen des Landes unter den Meeresspiegel. So senkt sich die Küste der Niederlande fortwährend, so daß bedeutende Strecken Landes unter dem Meeresniveau stehen und nur durch Dämme vor dem Überfluten geschützt werden können. Zu Anfang des 13. Jahrhunderts wurde denn auch ein großer Teil des Landes infolge einer gewaltigen Sturmflut mit Wasser bedeckt (Südersee). Diese Senkung ist nur eine Fortsetzung der allgemeinen Senkung der Kontinentalplatte von Nordwest-Europa, wodurch in jüngster geologischer Zeit England von Europa abgetrennt wurde, woraus sich die vollständige Identität seiner Flora und Fauna mit der europäischen erklärt. Dadurch sind auch bedingt die Aestuarien der Loire, Seine, Garonne, Themse, sowie die Funde von submarinen Baumstrünken an der Küste der Normandie. Ganz ähnlich ist das Verhältnis zwischen Japan und China, welche ebenfalls zu der gleichen Kontinentalplatte gehören. Auch die großartigen Korallenbauten im stillen Ozean deuten auf ein Sinken des Meerbodens hin (s. S. 133).

Daß übrigens in früheren Zeiten großartige Verschiebungen an der Erdoberfläche vorgekommen sind, zeigen uns auch die ver-

schiedenen, mit einander abwechselnden Schichten von Meeresablagerungen, Süßwasser- und Landbildungen, ebenso die Funde von Überresten von Meerestieren auf hohen Bergen, wie Sentis, Glärnisch, Tödi, Windgälle, Wetterhorn.

Alle diese Bewegungen der Erdkruste haben vermutlich ihre Ursache in der immer noch fortschreitenden Abkühlung des Erdinnern. Dadurch wird das Volumen desselben verkleinert, und es müssen Stücke der Erdrinde nachsinken. Geschieht dies Spalten entlang, so entstehen die Horstgebirge, während die dadurch auf die Seite geschobenen Partien die Faltengebirge bilden.

1. Horstgebirge.

An vielen Orten, wo man durch den Bergwerksbau genauen Aufschluß über den Verlauf der Schichten in der Erdkruste erhalten hat, findet man die gleichalterigen Schichten häufig nach oben oder nach unten verschoben, dies nennt man eine Vertikalverschiebung oder Verwerfung. (Fig. 212.) Hängt der abgesunkene Teil noch mit den oberen Schichten zusammen, so spricht man von einer Flexur (Basler Jura). Der vertikale Betrag der Verschiebung heißt die Sprunghöhe; sie ist oft klein, nur wenige Zentimeter groß, kann aber hunderte von Metern, ja über tausend betragen. An der Erdoberfläche sieht man von diesen gewaltigen Dislokationen meist nichts mehr, da die Erosion die ursprünglichen Hervor-

Fig. 212. Verwerfung.

Fig. 213. Verwerfungen im Steinkohlenrevier von Kladno in Böhmen.
a Grundgebirge, *b* Kohlenlager, *c* jüngere Sedimente.

ragungen schon abgetragen hat. Das erschwert den Nachweis derselben sehr, so daß man oft solche Verwerfungen aus den Verhältnissen an der Erdoberfläche mehr vermuten, als genau nachweisen kann. Sehr schöne Beispiele für Verwerfungen zeigen die belgischen und böhmischen Kohlenreviere (Fig. 213), und das Silberbergwerk im Přibram (Sprunghöhe mehr als 1000 *m*).

Wenn ein Stück der Erdrinde nach Spalten eingesunken ist, so nennen wir es, wenn es lang und schmal ist, einen Graben, und, wenn

es ein größeres polygonales Stück darstellt, ein *Bruchfeld* oder Senkungsfeld; die in ihrer Lage verharrenden Teile heißen die *Horste*.

Ein prächtiges Beispiel einer *Grabenversenkung* bildet die oberrheinische Tiefebene unterhalb Basel. (Fig. 214.) Schwarzwald und Vogesen sind die Horste, und das Rheintal ist der Graben, welcher ein nach mehreren Bruchspalten versunkenes Stück Land darstellt (auf solchen Spalten sind die Vulkane am Kaiserstuhl hervorgebrochen); die vielen aufeinander folgenden Versenkungen hat man Staffelbruch genannt, die Überreste davon kann man bei Freiburg im Breisgau genau nachweisen. Andere Grabenversenkungen sind das tote und rote Meer = „der große afrikanische Graben“, dann der Graben des Albertsee und Leopoldsee südlich von Ägypten (Fig. 215). Alte *Horste* sind das sächsische Erzgebirge, das französische Zentralplateau, an beiden Orten mit tertiären Vulkanen auf den Bruchspalten.

Fig. 214. Profil durch das Rheintal bei Freiburg im Breisgau.
(Aus Lepsius' Geologie Deutschlands.)

Bruchfelder umfassen häufig große Gebiete. So ist die ganze Poebene ein Senkungsfeld, auf dessen Verwerfungsspalten die Vulkane der Euganeen entstanden sind. Ebenso sind Bruchfelder der Hegau östlich von Schaffhausen und das Ries bei Nördlingen, beiderorts mit vulkanischen Erscheinungen. Oft sind dadurch Meeresteile entstanden, so ist der schöne Busen von Neapel ein Kesselbruch, ebenso das adriatische Meer, mit dessen Entstehung die vulkanischen Ergüsse bei Bozen in Beziehung stehen, auch die vielen vulkanischen Erscheinungen im ägäischen Meer sprechen für ein Einbruchsfeld. In der neuen Welt sind so entstanden der Golf von Mexiko mit den übrig gebliebenen großen Antillen und das karaibische Meer mit den Vulkanen des kleinen Antillenbogens.

Desgleichen erklären sich die vielen Erdbeben am Rande des Wienerbeckens durch jetzt noch sich vollziehende Senkung dieses Bruchfeldes, und die große Zahl der Vulkane der Auvergne verdankt den Spalten am Rande des französischen Zentralplateaus ihr Dasein. Es ist selbstver-

ständlich, daß zum Ausgleich hiefür Teile der jetzigen Kontinente unter Wasser waren: Norddeutschland, Gegend der Kaspisee, der westliche Teil von Nordsibirien, das Coloradoplateau u. s. w.

Durch die übereinstimmende Fauna und Flora von Madagaskar mit Ceylon und Vorderindien ist das frühere Vorhandensein eines Kontinents (Gondwana-Land) im Indischen Ozean erwiesen, der erst in der Tertiärzeit unter Zurücklassen der oben genannten Horste versank, während Madagaskar schon lange vorher von dem nahen Afrika durch einen Graben

Fig. 215. Die afrikanischen Gräben (nach Suess).
Die Gräben sind schraffiert und, soweit sie mit Wasser erfüllt sind, schwarz.

Fig. 216. Die Blattverschiebungen und Überschiebungen in der Kette des Mont Salève bei Genf (nach Schardt).
(Aus Neumayrs Erdgeschichte.)

getrennt war. Auch Europa muß mit Nordamerika durch ein Festland (Atlantis), von dem Grönland noch ein Stück darstellt, zusammengehangen haben. Diese Verbindung muß aber schon lange unterbrochen sein, da die Verbreitung von Pflanzen und Tieren zeigt, daß die jüngeren

Wanderungen über die Behringsbrücke (bis in die Tertiärzeit) stattfanden. Selbst der ganze Große Ozean muß als Bruchfeld betrachtet werden, die schönen Vulkanreihen an dessen Rand, die vielen Erdbeben, sowie die Entstehung der Korallenriffe stehen damit im Einklang. Verallgemeinernd können wir sagen, daß alle Kontinente Horste und alle Ozeane Bruchfelder darstellen, wenngleich der sichere Nachweis dafür nicht überall erbracht werden kann. Da wo die durch die Versenkung entstandenen Randgebirge der Kontinente schon abradiert sind, ist der Ozean in alter Zeit entstanden (atlantischer Typus), wo wir aber die Küstenkordilleren zum größten Teil noch vorfinden, muß die Verschiebung sich in neuerer Zeit vollzogen haben (pazifischer Typus).

Die Schweiz weist wenige solche Vertikalverschiebungen nach Spalten auf. Von der Grabenversenkung des Rheintals reicht eine Spalte vom Dinkelberg her in den Tafeljura hinein und dieser selbst zeigt mehrere kleine Verwerfungen. (Fig. 225.) Zwei weitere Verwerfungen treffen wir in den Kochsalz führenden Schichten bei Rheinfelden und Koblenz. Im Jura finden wir bei Solothurn eine Verwerfung im weißen Jura.

Horizontale Verschiebungen (Blattverschiebungen) hingegen finden wir häufiger bei uns, da sie ihre Entstehung einem Horizontalschub verdanken wie die Kettengebirge, so am Mont Salève (3 kleinere) (Fig. 216), bei Vallorbes (wodurch der Lac de Joux gestaut wird), ferner bei St. Ursanne und bei Günsberg am Weißenstein (Fig. 225). Solche Querverschiebungen sind auch in den Alpen häufig, wenn auch selten von großen Dimensionen, so an der Silbern, am Krinenpaß zwischen Pilatus und Lopperberg. Im Sentisgebirge finden sich viele kleinere und einige größere, so sind der Seealpsee und der Fählensee dadurch gestaut.

2. Faltengebirge.

a) Entstehung. Im Jura und in den Alpen sehen wir oft Gesteinsschichten gewölbeartig gebogen oder gefaltet. Da die beiden Enden eines solchen Gewölbes näher bei einander sind, als wenn die Gesteinsschichten ungestört geblieben wären, müssen wir annehmen, daß das Gestein durch seitlichen Druck in diese Lage gekommen sei, gleichsam wie ein Tuch, das zusammen geschoben wird, Falten wirft. Diese seitliche Pressung rührt offenbar daher, daß bei dem Schrumpfungsprozeß der Erde die einsinkenden Partien nicht genug Platz haben und deswegen andere Teile auf die Seite schieben (Horizontalschub), ähnlich wie ein Apfel beim Eintrocknen Runzeln bekommt, weil die Hülle für den kleiner gewordenen Inhalt zu groß ist.

Bei dieser Faltenbildung werden die Gesteinsschichten gebogen, da sie aber meist aus hartem, sprödem Gestein bestehen, so erhalten die oberflächlichen Gesteine Risse, die bei dem langsamen Verlauf der

Biegung häufig wieder durch Kiesel oder Kalk ausgefüllt werden (Calcitadern). Je tiefer aber die Gesteine gelegen sind, umso kleiner werden die Risse, bis in einer gewissen Tiefe, infolge des allseitigen großen Druckes, das Gestein plastisch umgeformt wird, ohne zu zerbrechen = bruchlose Faltung.

b) Einteilung. An einer Falte unterscheiden wir Gewölbe, Mulde und Schenkel. Nach dem Verlauf der Schichten nennt man die Stelle,

Fig. 217. Faltenprofil.

AK = Antiklinalkamm.[1])	IK = Isoklinalkamm.[2])	SK = Synklinalkamm.[3])
AT = Antiklinaltal.	IT = Isoklinaltal.	ST = Synklinaltal.

wo die Schichten zusammenlaufen, Synklinale (normale Mulde), die Stelle, von der sie beidseitig abfallen, Antiklinade (normales Gewölbe), und Schichten, die gleich geneigt verlaufen, heißen isoklinal. Gewöhnlich sind die Gipfel antiklinal, die Täler synklinal und die Schenkel isoklinal, aber durch Erosion werden auch isoklinale und antiklinale Täler, und synklinale und isoklinale Gipfel herausmodelliert wie Fig. 217 zeigt.

Fig. 218. Liegende Falten und Fächerfalten (nach Heim).

Je nach der Stellung der Falten, spricht man von aufrechtem, schiefem und liegendem Gewölbe. Gehen die Schichten im Gewölbe nach oben auseinander, so sprechen wir von einer Fächerfalte (Zentralmassive), bei welcher der mutmaßliche ursprüngliche Zusammenhang der Schichten durch einen Luftsattel angedeutet wird. (Fig. 218).

Wenn bei einer liegenden Falte der Horizontalschub noch weiter fortwirkt, so wird der Mittelschenkel mehr und mehr verdünnt (aus-

---

[1]) griech. antí = gegen, klíno = neige. — [2]) griech. ísos = gleich. — [3]) syn = zusammen.

gequetscht), bis er zuletzt zerreißt und nur noch zwei isoklinal gerichtete Schenkel vorhanden sind (Faltenwerfung). (Fig. 219.)

Wiederholt sich das mehrmals, so entsteht die sogenannte Schuppenstruktur (s. Fig. 229, I.).

Fig. 219. Übergangsformen zwischen liegender Falte und Faltenverwerfung (nach Heim).

Der Horizontalschub kann so stark sein, daß er Überschiebungen aus weiter Ferne bedingt, sodaß ganze Faltenreihen auf jüngerem Gestein aufliegen = Faltendecke oder Überschiebungsdecke (Sentis, Glärnisch). Wenn solche Gebirgspartien durch die Erosion ganz aus dem früheren Zusammenhang losgelöst werden, nennt man sie Klippen (Mythen, Buochserhorn, Stanzerhorn). Eine zwischen älteren Gesteinen durch Erosion bloßgelegte Stelle der jüngeren überdeckten Schichten heißt Fenster.

Diese Schichten selber aber heißen autochthon[1]), da sie am ursprünglichen Platz verbliebene Falten sind. (Profil: Fig. 220.)

Fig. 220. Überschiebungsfalte (nach Heim).

Die Falten kommen in den verschiedensten Größengraden vor: Kettenbildend im Jura (Lägern, Graitery bei Münster, Rötifluh bei Solothurn) Sentisgipfel, Aubrig bei Einsiedeln u. s. w. Schöne Faltungen sieht man auch an der Windgälle, am Frohnalpstock und an der Schynigen Platte. Viele kleinere zusammengedrängte Falten zeigt die klassische Stelle an der Axenstraße bei Flüelen und am Eingang in die Viamala. Noch viel kleiner, so daß man sie in einem Handstück sogar überblicken

[1]) griech. autos = selbst, chthon = Erde.

kann, sind die Faltungen im Kalkkeil bei Innerkirchen, bei der liegenden Falte an der Windgälle, am Piz Urlaun im Rötidolomit; bei diesen kann man häufig noch innerhalb der großen Umbiegung kleinere Fältelungen unterscheiden, die nicht einmal die Größe von 1 *cm* erreichen, und diese selbst zeigen oft noch kleinste Fältelungen von nur $^1/_4$ *mm* Höhe.

c) Um die Lage der Gesteinsschichten zu bestimmen, bedient man sich des Bergmann-Kompasses (Fig. 221). Derselbe enthält neben der Magnetnadel noch ein Klinometer, welches ein kleines Senkel darstellt. Mit der Magnetnadel bestimmt man das Streichen einer Schicht, indem man den Kompaß mit seiner *N*-*S*-Linie parallel einer auf der Gesteinsplatte gedachten Horizontalen (*s*—*t*) (Fig. 222) hält und die Abweichung

Fig. 221. Bergmännischer Kompaß.

Fig. 222. Streichen und Fallen.

Fig. 223. Konkordante Schichten.

Fig. 224. Diskordante Anlagerung.

der Nadel von *N*-*S* abliest. Das Fallen der Schicht wird durch das Klinometer gemessen, indem man den Kompaß in einer zu *s*—*t* senkrechten Richtung *v*—*f* auf dem Stein aufstellt und die Abweichung von der Lotrechten abliest. Zeigt ein Schichten-Komplex gleiches Fallen, so nennt man die Schichten konkordant (Fig. 223), ist dies nicht der Fall, so heißen die Schichen diskordant (Fig. 224).

d) Gesteinsveränderung. Die Gesteine werden namentlich im Mittelschenkel, aber auch in den übrigen Teilen der Falte, stark gepreßt, wodurch sie geschiefert werden = Transversalschieferung oder Druckschieferung. So erklärt sich die feine Schieferung der Glarnerschiefer, der Frutiger Schiefer und der Groß-Zahl der verschiedenen Bündnerschiefer (Fig. 226); selbst Kalk kann schieferige Textur annehmen, so

der geschieferte Hochgebirgskalk von Fernigen (Kt. Uri); endlich muß auch die Schiefertextur der kristallinischen Schiefer durch Druck erklärt werden = Augengneis (Fig. 226). Befinden sich Petrefakten im gepreßten Gestein, so werden auch sie verändert = deformierte Petrefakten. (Fig. 225). Sind sie härter als das Gestein selbst, so werden sie zerbrochen und meist wieder durch Calcit verkittet (gestreckte Belemniten). Andere werden in ihrer Form ganz verändert z. B. gequetschte Ammoniten, verzerrte Glarnerfische (Elm, Matt). Die runden Eisenoolithkörner sind an der Windgälle zu dünnen Plättchen zusammen gedrückt worden. In der Nagel-

Fig. 225. Schematische Darstellung der Deformierung von Petrefakten durch Druck. *I* Belemnit mit Calcit-Zwischenlagerung *c*, *II* Ammonit, *III* Rückgrat eines Fisches; *a* normal, *b* gepreßt —➤ ➤—.

fluh findet man häufig Gerölle mit Eindrücken, die von anderen Geröllen durch Druck hervorgebracht worden sind (St. Gallen, Pfannenstiel).

Wo eine Gesteinsschicht über eine andere konkordante hinweggeschoben wird, finden sich glänzende, polierte Stellen (Spiegel, Harnisch) = Rutschflächen, häufig mit feinen parallelen Kritzen = Rutschstreifen (Bergwerk Reuchenette, Zementsteinbruch Ehrendingen). Sind die beiden Schichten diskordant, so werden die Schichtköpfe abgebröckelt und mit Gesteinsmaterial der sich bewegenden Schicht gemengt und verkittet = Reibungsbreccie, Dislokationsbreccie (Scheidnößli bei Erstfeld, Anthrazit in Wallis, Totnau im Schwarzwald, Lochseitenkalk bei Schwanden).

Durch sehr starken Druck können dichte Steine kristallinisch werden, so z. B. Kalkstein zu Marmor, wie an der Jungfrau bei Grindelwald, im Gadmental und bei Andermatt, wo man den Übergang in gewöhnlichen Kalkstein schön verfolgen kann. Ein großer Teil der Bündnerschiefer zeigt kristallinisch ausgeschiedene Mineralien, wie Granat, Chlorit, Hornblende, Glimmer. Da mit der Kristallisation gewöhnlich eine Raumverminderung Hand in Hand geht, ist eine solche Mineralbildung leicht zu begreifen, wenngleich eine genauere Einsicht in den ganzen Vorgang noch fehlt, da eine chemische Umlagerung der Elemente vor sich gehen muß.

Fig. 226.

Gepreßte Gesteine, vor und nach der Druckwirkung. *a* Sedimentgestein senkrecht zur Schichtung gepreßt. *b* Sedimentgestein schief zur Schichtung gepreßt. *c* Eisenoolith von der Windgälle. *d* Porphyr zu Augengneis verwandelt.

Wenn sich dergleichen Gesteinsveränderungen auf weite Gebiete, unabhängig von der Gebirgsfaltung erstrecken, nennt man sie Regionalmetamorphose. Dahin müssen wir den größten Teil der kristallinischen Schiefer rechnen, welche als ursprüngliche Sedimente Trümmerstruktur besaßen, aber infolge des großen Druckes der darüber gelagerten Sedimente kristallinisch und geschiefert wurden. Stauungsmetamorphose oder Dynamometamorphose hingegen nennen wir solche Gesteinsveränderungen, welche sicher durch die Gebirgsfaltung bedingt sind, wie das bei vielen Bündnerschiefern der Fall ist.

Gebirgsbildung und Talbildung stehen mit einander in engster Beziehung. Durch die Entstehung der Ketten der Faltengebirge sind zugleich auch die Längstäler bedingt, und sobald durch die Gebirgsbildung Unebenheiten geschaffen sind, beginnt auch die zerstörende Wirkung des Wassers; so werden durch die Erosionstäler, z. B. alle Quertäler, die einzelnen Gebirgsstöcke isoliert. Deswegen ist die Physiognomie eines Gebirges ebensowohl durch Erosion als durch Aufstauchung bedingt.

e) Beispiele von Faltengebirgen. Die meisten hohen Gebirge der Jetztzeit sind durch Horizontalschub aufgetürmt worden, so Alpen,

Pyrenäen, Apennin, Karpathen, Kaukasus, Himalaja und zum Teil auch die Anden; der Ural und das Alleghanies-Gebirge sind ältere, zum Teil abgetragene Faltengebirge. Am einfachsten zeigen den Faltenwurf der Erdkruste die Alleghanies in Nordamerika und der Jura in der Schweiz.

Da die schweizerischen Gebirge fast reine Faltengebirge sind, so scheint es hier am Platze, etwas genauer auf Jura und Alpen einzugehen.

Durchqueren wir das Juragebirge z. B. von Court durch das herrliche Münstertal nach Delsberg, so sehen wir die Gesteinsschichten mehrmals in steiler Richtung aufsteigen und in der Höhe in kühnem Bogen gewölbebildend umbiegen, um nach einer kürzeren oder längeren

Fig. 227. Scharung der Falten im östlichen Jura (nach Mühlberg).

Strecke wieder herabzusteigen: wir befinden uns mitten in einem Kettengebirge, dessen Faltenbau durch die tiefe Talerosion klar vor unseren Augen bloß gelegt ist, (Fig. 229, II.)

Das Juragebirge stellt eine große Zahl (etwa 160) zumeist aufrechter, seltener überliegender Gewölbe dar. Von Westen nach Osten scharen sich dieselben immer mehr zusammen bis zu dem Birsquertal bei Dornach, von wo an weiter östlich der eine Teil als Tafel- oder Plateaujura entwickelt ist, während der übrig bleibende Kettenjura nordwärts über den Tafeljura hinübergeschoben worden ist. (Fig. 227.)

Man denkt sich den Kettenjura durch einen großen Horizontalschub von Süden her entstanden, wodurch die Gesteinsschichten an den alten Horsten Vogesen und Schwarzwald gestaut und dadurch gefaltet wurden. Obgleich die Intensität des Druckes von Westen nach Ostsn immer kleiner wird, so daß z. B.

von den 11 einzelnen Falten nördlich des Bielersees, bei Baden, am Ostende des Kettenjura, nur noch eine einzige, die Lägernfalte, übrig bleibt, so ist doch die Reduktion des Faltengebietes durch den basellandschaftlichen Tafeljura eine zu plötzliche. Der Zusammenschub konnte da durch normale Falten nicht ausgeglichen werden, weswegen vielfache Faltenverwerfungen entstanden, welche zuletzt zu Überschiebungsklippen und zu eigentlicher Schuppenstruktur führten. (Fig. 227.)

Der Tafeljura setzt sich von der basellandschaftlichen Platte aus nach Osten, dem Rhein entlang, als ein immer schmäler werdender Streifen fort, bis er im Kanton Schaffhausen als eine mächtig ansteigende Tafel im Hohenranden die Bruchspalte des Hegauer Kesselbruches erreicht, um weiter östlich wieder als schwäbischer und fränkischer Jura in Plateauform empor zu steigen. — Der Kettenjura liefert vorzügliche Beispiele für den Wechsel von Längs- und Quertal im Verlauf eines Flußsystems. So verläuft die Birs (Fig. 227) zuerst im Längstal von Court, um dann in dem Quertal von Münster drei Juragewölbe quer zu durchschneiden; die Dünnern durchfließt zunächst das Balstalertal (Längstal) und durchbricht dann die Weißensteinkette in der Klus von Oensingen; ganz ähnlich verhalten sich die Suze bei Biel, die Reuse bei Colombier (Fig. 227). Diesen Verlauf der Flüsse können wir uns nur dadurch erklären, daß wir annehmen, die Flüsse seien zum Teil schon vorhanden gewesen, als sich das Land zu Falten aufwölbte. Da sich der Boden nur ganz langsam hob, konnte sich der Fluß fortwährend seine Bahn

N.W. S.O.
Plateau-Jura Ketten-Jura
Chaux du Dombief St. Claude Valserine

Fig. 228. Profil durch den westlichen Jura.
(Nach P. Choffat 1:250.000.)

freihalten. Durch die Praeexistenz der Flüsse bedingte Flußläufe kann man auch in vielen anderen Gebirgen: Alleghanies, Alpen nachweisen, und so erklären sich wohl die meisten Quertäler.

Die Hauptfaltung des Jura fällt ins Ende der Tertiärzeit; denn die Tertiärschichten sind mitgefaltet. Aber schon früher war der östliche Teil des Jura von Biel an über den Spiegel des Kreidemeeres gehoben, da die Kreideablagerungen östlich von Biel gänzlich fehlen. Nachher aber muß sich das Land wieder gesenkt haben, weil wir in allen Mulden des Jura, wo die Erosion nicht stark wirken konnte, noch Tertiärbildungen finden, und so müssen wir annehmen, daß noch zur Tertiärzeit das Juragebiet zum größten Teil oder gänzlich unter dem Meeresspiegel war. Am Ende der Tertiärzeit begann dann die langsame Aufwölbung der Juraketten. Die Erosion hat wegen der geringen Höhe der Gewölbe und der Durchlässigkeit der Kalksteine den ursprünglichen Kettenbau noch nicht wesentlich zu verändern vermocht, so daß der Jura, im Gegensatz zu den Alpen, mit Ausnahme der Abtragung der leicht verwitternden Molasse, den anfänglichen Faltenbau der Erdrinde fast unversehrt zeigt. (Siehe Profil Fig. 228 und Fig. 229 I., II.)

Einen ungemein viel komplizierteren Faltenbau zeigt das Alpengebirge. Durch die klassischen Untersuchungen mehrerer Schweizer Geologen (Escher, Favre, Heim, Balzer) ist aber klargelegt, daß die wenigen echtvulkanischen Gesteine der Alpen in keinem engeren Zusammenhang mit der Erhebung des Gebirges sind, sondern, daß der ganze große Alpen-

körper nichts anderes darstellt, als ein Stück Erdrinde, das durch einen gewaltigen Horizontalschub von Süden her in eine Unzahl größerer und kleinerer Falten gelegt worden ist. — Die inneren Partien der Schweizeralpen, die infolge ihrer starken Erhebung und der dadurch bedingten, tiefgreifenden starken Erosion die ältesten Gesteine Gneis und kristallinische Schiefer bloßgelegt zeigen, nennt man Zentralmassive, die dieselben nach Norden und Süden begrenzenden sedimentären Gesteine, welche den Faltenbau noch deutlicher erkennen lassen, die Randzonen oder Kalkalpen[1]).

Die Zentralmassive stellen ellipsoidische Gebiete dar, deren Längsachse der Hauptrichtung der Alpenkette von *SW* nach *NO* entspricht, und die von einander selbst durch mehr oder weniger breite Mulden von gequetschten Sedimentgesteinen, welche häufig sehr schöne dynamometamorphische Erscheinungen zeigen, getrennt sind. Die wichtigsten Massive sind: im südlichen Wallis das Mont-Blanc-Massiv, das Dent Blanche-Massiv und das Monte Rosa-Massiv; im nördlichen Wallis findet sich, bei der Gemmi beginnend und bis zum Tödi sich ellipsoidisch erstreckend, das Aarmassiv, südlich von diesem, durch die schmale Urserenmulde getrennt, liegt das kleinere Gotthardmassiv, vom Binnental bis ins Lugnetz mehr streifenartig entwickelt; die Mulde des Bedrettotales trennt es von dem gewaltigen Tessinermassiv, dessen östlicher Teil Adulamassiv und dessen westlicher Teil Simplonmassiv heißt. Es nimmt den größten Teil des Kantons Tessin ein und erstreckt sich noch weit ins Italienische, östlich grenzt daran das Berninamassiv und den Nordosten von Graubünden nimmt das Silvrettamassiv ein. Alle diese Massive müssen als gewaltige Faltenkomplexe aufgefaßt werden. Bei den einen laufen die Schichten fächerförmig nach oben auseinander, der Kern besteht aus Protogin, beidseitig folgen Gneise und hierauf kristalline Schiefer die an die Sedimentmulden anschließen (Fig. 229, III). Solche Fächermassive sind das Mont-Blanc-, das Aar- und das Gotthard-Massiv, also die nördlich gelagerte Reihe. Bei den anderen liegen die Gneise domförmig übereinander oft abwechselnd mit dazwischenlagerndem Marmor oder Glanzschiefer die aus Sedimenten entstanden sind. Hier muß man mehrfache Überschiebungen der Sedimente durch die Gneise annehmen (Simplontunnel). Solche überschobene Massive sind diejenigen der Dent Blanche, des Monte Rosa, des Tessiner Massives mit Simplon- und Adula-Gruppe (Fig. 229, IV), ebenso die Graubündner Massive der Bernina und der Silvretta. Es sind deshalb diese Massive nicht als autochthon zu betrachten, sondern als liegende Falten, die über fremdem Gestein liegen; im Silvrettamassiv hat man als Unterlage sogar Sedimente des Mesozoikums aufgefunden.

---

[1]) Siehe geologische Karte der Alpen im schweiz. Schulatlas.

Fig. 229. I. Querprofil durch den Jura

II. Querprofil durch den Jura

III. Querprofil durch die Berner Alpen

IV. Kombiniertes Querprofil durch die Decken-

Mahrenkopf Olten Aare Säli Aarburg S.

beim Hauenstein (nach Mühlberg).

Graitery Weissenstein S.O.

Steinbruch Solothurn

beim Passwang (nach Rollier).

Aelplistock Siedelhorn Grimsel- -Hospiz-Pass S. Oberwald

bei der Grimsel (nach Baltzer).

-stock Axenkette Karrenalp a

Tiefere helvetische Decken

Bifertenstock Brigelserhörner S.

Vorder- -Rheintal

Meeresniveau

Wurzelregion der helvet. Decken.

Falten vom Rigi bis zum Tödi (nach Heim).

Gesteine der Jura-Profile

Kies
Tertiär
weisser Jura
brauner Jura
schwarzer Jura
Trias
Luftsattel
Verwerfung

Gesteine der Alpen-Profile

Nagelfluh
Flysch
Kreide
Jura
Trias
Verrucano
krist. Schiefer
Gneis
Protogin

Maßstab 1 : 200.000.

Merkwürdig ist oft der Kontakt der kristallinen Gesteine mit den Sedimenten. Während meist, namentlich in den eingeklemmten Mulden, beide Gesteinsarten konkordant verlaufen, sind an andern Stellen die Sedimente diskordant zu dem Kristallinischen gelagert. Dies ist an vielen Stellen der nördlichen Kontaktzone der Fall. So sind die Sedimente bei den Aiguilles Rouges auf die kristallinischen Schiefer diskordant hinauf geschoben und bedecken sogar stellenweise die vertikalen Schiefer in fast horizontaler Lagerung. Am Nordabfall des Finsteraarmassivs finden wir ebenfalls Diskordanz, so daß vielerorts der Hochgebirgskalk Keile in die sehr steil stehenden Schiefer hineinsendet, wie am Gstellihorn, am Wetterhorn, bei der Jungfrau und bei Innertkirchen im Haslital (Fig. 229, III.); im Reusstal dagegen findet sich bloße Diskordanz (Scheidnössli (Fig. 229, IV.). An solchen Stellen kann man sich einen Begriff machen von der unermeßlich großen Kraft des Horizontalschubes, die genügte, solche gewaltige 200—500 *m* hohe Gesteinsmassen übereinander wegzuschieben oder sogar mit einander zu verkneten.

Der Nordabfall der Schweizeralpen zeigt ein prächtiges Bild von dem kühnen Faltenwurf der Erdrinde. (Profiltafel Fig. 229, III u. IV.). Wir unterscheiden je nach dem vorherrschenden Gestein Juraketten,

Fig. 230. Profil durch den Pilatus (nach Kaufmann).
m = Miocaen, e_1 u. e_2 = Eocaen, c_0—c_2 = Kreide.

Kreideketten und Nagelfluhketten (Voralpen). In der Jurazone sind z. B. gelegen der Tödi, die Windgälle, der Uriotstock, der Titlis, die Faulhorngruppe, Eiger, Mönch, Jungfrau, Blümlisalp. Alle diese gewaltigen Bergriesen zeigen in ihrem Aufbau meist nur eine oder zwei große Falten, was namentlich durch die mächtige Entwicklung des Hochgebirgskalkes der in diesen Gebirgsstöcken über sich selbst zurückgefaltet ist, bedingt sein mag (Prof. IV). — Typisch verschieden davon ist die Kreidezone, welche fast überall eine Schar von kleinen Falten aufweist (Fig. 230). Zu den Kreidefalten gehören die sechs schönen Kreidegewölbe des Sentisgebirges, die Churfirsten, der Glärnisch mit seinen liegenden Falten, die wir ähnlich wieder an der Silbern und ganz im Westen auch an der Dent de Morcles und Dent du Midi finden. Aus Kreideschichten sind auch die meisten der prächtigen Gebirgsstöcke am Vierwaldstättersee aufgebaut, so der Axen, Frohnalpstock, Bauenstock, Bürgenstock und Pilatus. (Während Mythen, Buochser- und Stanzerhorn zu den Klippen gehören.) Der Pilatus zeigt in seinem Aufbau drei Falten, von denen aber zwei bis auf den innersten Kern erodiert sind (Fig. 230.). Die neuere Forschung

(Schardt, Lugeon) hat gezeigt, daß die meisten dieser Faltenzüge über Eocaen hinübergeschoben und deswegen nicht autochthon sind (s. Fig. 220). So unterscheiden wir in unserem Prof. IV nördlich von den autochthonen Falten, die im Tödi gipfeln, die Falten der tieferen helvetischen Decken mit der Schächentälerwindgälle, dem Ortstock und der Axenkette, und noch weiter nach Norden geschoben die höheren helvetischen Decken mit Frohnalpstock, Rigihochfluh usw. (Fig. 229. IV.)

In der Nagelfluh- oder Voralpenzone liegen der Kronberg im Kt. Appenzell, der Speer, der Roßberg, der Rigi und das ganze Napfgebiet. Diese Zone wurde noch bei der letzten Hebung der Alpen in Mitleidenschaft gezogen, und zwar sind die genannten Voralpenberge alle dadurch ausgezeichnet, daß sie als Schenkel einer nach Norden überliegenden Falte den steilen, meist terrassierten Abfall nach Norden gerichtet haben, wodurch ihre auffallend hervortretende Form bedingt wird. (Fig. 229, IV.)

In der vorgelagerten, ebenfalls noch dislozierten Molasse sind gut ausgebildete Umbiegungen selten zu sehen, man nennt die den Gewölben

Fig. 231. Profil durch die südliche Randzone (nach Schmidt).

entsprechenden Zonen die Antiklinalen und die den Mulden entsprechenden die Synklinalen der Molasse. Der größte Teil, der die schweizerische Hochebene bedeckenden Molasse, liegt aber fast völlig horizontal und steigt erst gegen Jura und Alpen hin an.

Am Südabhang der Schweizeralpen sind die Sedimente nur als schmale Randzone entwickelt. Immerhin erkennt man auch hier den Faltenbau, wie aus dem beigegebenen Profil hervorgeht, das neben dem interessanten Auftreten des Luganer Porphyrs zwei Sedimentmulden zeigt. (Fig. 231.)

Wir müssen noch einige durch ihren Aufbau besonders merkwürdige Gebiete kurz besprechen. Das tektonisch wohl interessanteste Gebiet der Schweizeralpen ist die große Glarner-Überschiebung. Hier liegen nämlich die geologisch jungen tertiären Schiefer in der Tiefe und darüber sind die älteren Gesteine Jura, Trias und Perm (Sernifit) von Süden her in einer gewaltigen Falte hinüber geschoben worden. Der Mittelschenkel dieser Falte ist bei der großen Überschiebung sehr stark ausgequetscht und z. B. der sonst 300 *m* dicke Alpenkalk bis auf 1 *m* reduziert worden (Lochseite bei Schwanden). So kommt es, daß im Kanton Glarus die höchsten Gipfel, wie der Kärpfstock, der Hausstock u. s. w. aus dem alten Sernifit bestehen, während an ihrer Basis tertiäre Schiefer anstehen.

Klippen und Deckschollen. In der Zone vom oberen Sihltal bis zum Thuner- und Brienzersee finden sich eine größere Zahl von fremdartigen Gesteinen, welche nicht mit den übrigen schweizerischen übereinstimmen, auf die normalgefalteten Schichten aufgelagert ohne Wurzel in der Tiefe. Zu diesen, Klippen oder Schollen ge-

nannten Gesteinsmassen gehören die beiden Mythen, die Klippen bei Iberg, das Stanzer- und Buochserhorn, die Giswylerstöcke, die Spillgerten, die Habkerngranitblöcke. Man faßt diese exotischen Gesteine als Überreste einer großen Überschiebung auf, die sich am Ende der Eocaenzeit von Südosten her vollzogen hat. (Prof. IV.) Bei der darauffolgenden Erosionsperiode ist der größte Teil dieser überschobenen Gesteine der Denudation zum Opfer gefallen, und nur die wenigen angeführten Gebirgsstöcke sind übrig geblieben. Als Produkt dieser Erosion sind die Nagelfluhbildungen zu betrachten. — In ähnlicher Weise muß man das ganze Gebiet der Stockhornkette vom Thurnersee bis zum Genfersee sowie das Gebiet des Chablais von der Rhone bis zur Arve als gewaltige, von Südosten her überschobene Gebirgsmassen auffassen. Diese Deckschollen zeigen in ihren fremdartigen Gesteinen (ostalpine Facies) einen sehr komplizierten Faltenbau, nach unten aber ruhen sie, nicht wie die autochthonen Sedimentfalten auf den kristallinischen Schiefern, sondern mit Rutschflächen auf den Eocaenschichten auf. — So sehen wir, daß der Nordabfall der Schweizeralpen aus einer größeren Zahl von Deckfalten, aufgebaut ist, die verschieden weit nach Norden geschoben worden sind. Dem autochthonen Gebirge sind am nächsten die tieferen helvetischen Decken, wie die Glarnerdecken, die Urirotstockgruppe, die Faulhorngruppe usw.; die höheren helvetischen Decken sind weiter nach Norden geschoben worden, so die Sentisdecke, die Frohnalpstockdecke, der Pilatus usw. Und diesen Falten finden wir vielerorts noch aufgelagert die ganz fremden Klippengesteine, wie die Mythen, das Buochserhorn usw. (Prof. IV).

Die Haupterhebung der Alpen ist wie beim Jura ans Ende der Tertiärzeit zu setzen, denn auch hier sind die mitteltertiären Schichten noch mitgefaltet. Die Alpen und der Jura sind deswegen als eine Auslösung großer Spannungen in der Erdkruste zu betrachten, die einen gewaltigen Schub von Süden her erzeugten. Die nach Norden geschobenen Gesteinsmassen fanden in den alten unbeweglichen Gebirgsruinen der Chaîne des Maures[1]) und des Zentralplateaus im Westen, der Vogesen und des Schwarzwaldes im Norden und der böhmischen Masse im Osten gleichsam Widerlager. Dadurch ist die gebogene Form des ganzen Alpengebirges und der einzelnen Faltenzüge bedingt worden. Die Sedimente wurden in Falten gelegt und zuletzt übereinander geschoben, so daß sogar zum Teil Gesteine von Süden her über 100 *km* weit nach Norden transportiert wurden. In der Schweiz speziell war die zwischen Alpen und Jura abgelagerte Molasse für die Faltung nicht geeignet, deswegen löste sich der Jura als ein nördliches Faltenbüschel bei Chambéry[1]) von dem Hauptzuge der Alpen ab. So können unsere beiden Gebirge Alpen und Jura auf denselben Zusammenschub der Erdrinde zurückgeführt werden.

3. Die Erdbeben.

Die Erdbeben sind Erschütterungen der Erdkruste, die häufig so stark werden, daß sie an der Oberfläche zerstörende Wirkungen haben. Sie gehören zu den schreckhaftesten Naturerscheinungen, weil der von jeher als fest betrachtete Erdboden ins Wanken gerät.

Zur Beobachtung der Erdbeben (Zeitpunkt, Heftigkeit, Fortpflanzungsrichtung) benutzt man den Seismographen[2]), ein langes Pendel,

[1]) Siehe schweiz. Schulatlas: Alpenkarte, Blatt 10.
[2]) griech. seismós, = Erderschütterung.

welches mit seinem unteren Ende auf den mit Sand bestreuten Boden Striche zeichnet, wenn die Unterlage verschoben wird; für schwächere Beben benutzt man ein empfindliches Horizontalpendel; auch in einem Zimmer, mit leicht beweglichen Gemälden an allen vier Wänden, kann man bei stärkerer Erschütterung gute Beobachtungen machen. Die neue Erdbebenwarte auf dem Zürichberg hat ein Vertikalpendel und zwei Horizontalpendel; die letzteren sind von Nord nach Süd und von West nach Ost orientiert. Die Pendel sind sehr schwer (400 *kg*) und bleiben deswegen bei Erderschütterung fast vollständig in Ruhe, so daß sie mit ihrem Zeiger auf der mit der Erde verbundenen Walze die Vibrationen des Bodens aufschreiben. Diese Apparate zeigen nicht nur die Ortsbeben, sondern auch alle Fernbeben an, und man kann aus der Zeitdifferenz von Vor- und Hauptbeben die ungefähre Entfernung des Erdbebenherdes bestimmen. Man nimmt an, daß die Vorbeben durch Fortpflanzung durch das Erdinnere, das Hauptbeben aber durch die Wellen der eigentlichen Rinde erzeugt werden, während das Nachbeben von der Erdbebenwelle, die die ganze Erde umkreist hat, herrühren soll.

Fig 232 *a*. Schematisches Seismogramm für ein Fernbeben.
(Darunter die ungefähren Zeitabstände bei dem Leipziger Seismogramm des Erdbebens von San Franzisko am 18. April 1906.)
(V_1 u. V_2 = Vorbeben, *H.a.*—*H.e.* = Hauptbeben, *N* = Nachbeben.)

Schwache, nur noch mit dem Seismographen nachweisbare Erzitterungen nennt man mikroseismisch. Von diesen kleinsten Bewegungen an gibt es alle Übergänge bis zu so gewaltigen Erschütterungen, daß ganze Gebäude, ja ganze Städte in Trümmer gelegt werden (Lissabon 1755, Calabrien 1773, Agram 1880, Messina 1908). Die Schnelligkeit, mit der sich die Erdbeben fortpflanzen, erreicht die erstaunlich hohe Zahl von 3·4 km an der Erdoberfläche, 7·2 km in 50 km Tiefe und 12·5 km in 2000 km Tiefe in der Sekunde.

Durch diese Laufzeiten wird die Feststellung der Identität zweier Beben erleichtert.

Nach der Erscheinungsform unterscheidet man Stoßbeben, wenn ein deutlicher Stoß von unten verspürt wird, so daß einzelne Gegenstände gehoben und hin und her geworfen werden, und Wellenbeben,

Fig. 232 b. Ausbreitung der Erdbebenwellen in der Erdkruste.

wenn durch seitliche Verschiebung die Erdoberfläche sich wellenartig bewegt. Die Stoßbeben pflanzen sich gewöhnlich in größerer Entfernung in Form von Wellenbeben fort. Wo die Erschütterung am heftigsten verspürt wird, bei *a* (Epicentrum), haben wir in der Tiefe den Erdbebenherd *E* (Fig. 232) zu suchen, und von demselben breiten sich die Schütterzonen *ab*, *bc*, *cd* aus, bei welchen man nach der Stärke der Bewegung zehn verschiedene Intensitätsgrade unterschieden hat (I, II, III, . . .).

Häufig wird auch das Meer in Bewegung versetzt, so daß es in großen Wogen ins Land hineinkommt, so bei Lissabon und bei dem großen Erdbeben von Peru 1868, wo die Erdbebenwogen den ganzen stillen Ozean durchzogen und auf den Inseln furchtbare Verheerungen anrichteten. Solche Seebeben werden auf dem Meere selbst bloß als ein starker Stoß von den Schiffen wahrgenommen.

Nach den Ursachen teilt man die Erdbeben ein in:

1. Einsturzbeben. Dieselben werden durch die Auslaugung von Kalk, Salz oder Gips durch Wasser bedingt, indem dadurch Höhlen entstehen können, bei deren Einsturz die Erde in weitem Umkreis erschüttert wird. Da die Höhlen nie in großer Tiefe gelegen sein können, haben diese Beben nur lokale Bedeutung. (Erdbeben von Visp 1855, Zweisimmen 1885, Eglisau, Karstdolinen).

2. Vulkanische Beben. Dieselben werden verursacht durch das herauf dringende Magma im vulkanischen Schlote. Da sich dasselbe jedesmals wieder von neuem den Weg bahnen muß, so ist jeder Ausbruch auch von einer Reihe von Erdstößen begleitet. Dieselben sind namentlich in der Nähe tätiger Vulkane häufig. Durch seismographische Beobachtungen im Observatorium auf dem Vesuv hat man nachgewiesen, daß in vulkanischen Gegenden sich der Boden ununterbrochen in Vibration befindet. Die vulkanischen Beben können sehr große Heftigkeit erreichen und ihre kreisförmige Ausbreitung umfaßt nicht selten weite Landstrecken: Insel Ischia 1883 (Epomeo), griechischer Archipel (Santorin), Island (Hekla), Japan (Fusijama), Zentralamerika (Coseguina). Dardanellen am 9. Aug. 1912.

3. Die Dislokationsbeben sind weitaus die häufigsten und heftigsten und ihre Schüttergebiete sind oft auf große Landstriche ausgedehnt. Sie kommen durch eine Verschiebung der Gesteinsmassen an einer Bruchspalte oder Schütterlinie zustande, und infolgedessen verbreiten sie sich über eine langgestreckte ellipsoidische Zone. Ihre Ursache müssen wir in der immer noch fortdauernden Gebirgsstauung suchen, indem die durch den Horizontalschub entstehenden Spannungen sich ruckweise auslösen. Infolgedessen finden sich solche Beben häufig in den Gebieten, wo in geologisch junger Zeit Gebirge aufgetürmt worden sind, wie in den Alpen, Pyrenäen, Himalaya, während in den sogenannten Tafelländern mit wenig Bewegung, wie Rußland, Brasilien und bei den alten Horsten, wie Skandinavien, Nordfrankreich wenig Beben beobachtet werden. Nach der Stellung der Erdbebenlinie zu dem Verlauf der Falten unterscheiden wir Längs- und Querbeben. Häufige Querbeben finden am Westrande des Wienerbeckens, an der sogenannten Thermallinie statt, auch das Erdbeben von Phokis 1870 war ein Querbeben. Zu den Längsbeben gehören die großen peruanischen und chilenischen Beben (Valparaiso, August 1906, von San Franzisko, April 1906), und diejenigen am Südabhange der österreichischen Alpen. Ferner das große japanische Erdbeben von 1923: Zerstörung von Tokio. (142.000 Tote, 50 Milliarden Fr. Schaden.)

4. Bei der engen Beziehung, die zwischen den Vulkanbeben und Dislokationsbeben besteht, ist es leicht begreiflich, daß es auch Beben von gemischtem Cha-

rakter gibt, so in den Anden, im südlichen Italien. Hier verläuft die Zone der gewaltigen Erdbeben von 1783 fast genau auf einem Bogen von Girifalco bis Bronte und dieser entspricht dem Bruchrand von Calabrien. (Fig. 233, III, I d, I a abgesunken; II, I b, I c stehen geblieben). Die Stoßlinien sind alle fast genau gegen die Liparen gerichtet, wodurch erklärlich wird, daß mit diesen Erdbeben zugleich eine verstärkte Vulkantätigkeit auf dieser vulkanischen Inselgruppe beobachtet wurde. Das schreckliche Beben im September 1905, das eine große Zahl von kalabrischen Ortschaften zerstörte, wobei Hunderte von Menschen getötet wurden und den Boden von Syrakus bis Castellamare zum Erzittern brachte, war gleichen Ursprungs, ebenso die gräßliche Katastrophe vom 28. Dezember 1908, welche die ganze Stadt Messina in Trümmer legte und viele andere Ortschaften wie Reggio zum größten Teil vernichtete und zirka 90.000 Menschenleben forderte. Auch das heftige Beben von Avezzano 1915 am Westfuße der Abruzzen, dem 50 Ortschaften und 30.000 Menschen zum Opfer fielen, scheint gemischten Ursprungs gewesen zu sein.

Fig. 233. Erdbebengebiet in Unteritalien (nach Suess „Antlitz der Erde").

Vulkanische Gebiete — Erdbebenzone

Gneis und Granit — Erdbebenstoßlinien.

Die Verbreitung und Häufigkeit der Erdbeben ist eine viel größere, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt. Man hat berechnet, daß auf den Tag auf der ganzen Erde durchschnittlich zwei eigentliche Erdbeben fallen. Rechnet man die kleineren dazu, so wird die Zahl viel größer. So schätzt man die Anzahl Stöße für Europa auf 30—50 per Tag. In Tokio fiel im Jahre 1881 auf je 2 Tage ein Erdbeben.

In der Schweiz haben wir relativ viele Beben zu verzeichnen, so z. B. im Jahre 1892 16 Stöße, im Jahre 1897 29 Stöße und in den 30

Jahren von 1880—1909 zählte man 231 Beben mit 998 Stößen. Dieselben sind allerdings meist klein und unbedeutend gewesen. Die Längsbeben dem Südfuß des Jura (Erdbeben von Basel 1356) und dem Nordfuß der Alpen (Unterwalden 1601) entlang sind ungefähr gleich häufig. Die Querbeben gehen meist von dem alten Horste Schwarzwald aus quer durch die mittlere Partie der Schweiz, sogar bis in die Poebene, indem offenbar die jüngeren Sedimente am Schwarzwald verschoben werden. Dieser Art war auch das Beben, das die ganze Nordschweiz am 16. November 1911 erschreckte, es ist das größte in den letzten 50 Jahren in der Schweiz gewesen. In der Umgebung von Zürich fielen einige Kamine und in Konstanz die Germania-Statue auf dem Postgebäude und eine große Zahl Kamine und Ziegel herunter. — Besonders erdbebenreich ist die Gegend von Chur, das Engadin und die Ufer des Genfersees. Diese fortwährenden Zuckungen des Bodens in der Schweiz zeigen uns, daß unser Land noch immer im Faltungsprozeß begriffen ist.

Die drei großartigen Erscheinungen der Vulkane, der Erdbeben und der Gebirgsbildung können alle unter dem gemeinsamen Gesichtspunkte der Schrumpfung der Erdkruste betrachtet werden. Wenn durch die Abkühlung des Erdkerns die feste Rinde zu groß geworden ist, so muß ein Teil einsinken und ein anderer auf die Seite geschoben werden, dadurch entstehen die Gebirge; die Verschiebungen aber erzeugen Erdbeben, und auf den Bruchspalten findet das Magma leicht den Weg, um von den beim Erstarren frei werdenden Dämpfen getrieben, an die Erdoberfläche zu gelangen und Vulkane zu bilden.

4. Geologische Karten und Profile.

Der Aufbau eines Landes wird von dem Geologen durch zwei Mittel zur Darstellung gebracht, durch die geologische Karte und die geologischen Profile. Die erstere orientiert in horizontaler Richtung, die zweiten in vertikaler.

Die geologische Karte ist stets das Produkt einer langen, mühsamen Arbeit des Forschers. Durch Untersuchen aller Stellen an denen der Untergrund unter der Humusdecke zum Vorschein kommt, wird die Art der Gesteinsschichten, wenn möglich durch Leitfossilien (s. S. 193) festgestellt und ihre Ausdehnung, Mächtigkeit und Stellung genau mit dem Bergmannskompaß (s. S. 178) bestimmt. Alle diese Beobachtungen werden in einer möglichst guten topographischen Karte eingetragen, und so wird diese zur geologischen Karte. Gewöhnlich kommen darauf noch Quellen, Steinbrüche, alte Flußläufe u. s. w. zur Darstellung. Das Lesen einer solchen Karte verursacht dem Anfänger zunächst einige Mühe, dem Eingeweihten aber erschließt sie gleichsam auf einen Blick den Werdegang der betreffenden Gegend und orientiert ihn über die Beschaffenheit des Untergrundes bis in eine gewisse Tiefe.[1])

Um die Stellung und Lagerung der Schichten deutlicher zu zeigen und namentlich auch den Zusammenhang der einzelnen Formationen besser darzustellen, entwirft der Forscher noch geologische Profile durch die betreffende Gegend. An der Profillinie werden die gefundenen Bodenaufschlüsse angegeben, da dieselben aber gewöhnlich

[1]) Siehe Schulatlas S. 23.

nicht in große Tiefe verfolgt werden können, müssen die Profile ergänzt werden. Dies geschieht zunächst dadurch, daß die Schichtlinien etwas verlängert werden. Um aber in größerer Tiefe den wahrscheinlichen Verlauf anzugeben, werden dieselben noch punktiert weiter nach unten verlängert. Ebenso wird über dem Profil der durch die Erosion abgetragene mutmaßliche Zusammenhang punktiert angegeben (Luftsattel). Natürlich wird hierdurch ein hypothetisches Element in diese Darstellungen hineingebracht, was bei der Beurteilung derselben wohl zu beachten ist. Denn es ist der persönlichen Einsicht des Geologen anheimgestellt, die Verbindungslinien so oder anders zu ziehen. So kann die fortschreitende Erforschung eines Gebietes den Forscher dazu führen, diese punktierten Linien zu ändern. Dies ist z. B. bei unserem Profil Fig. 230 der Fall, wo die Kreidefalten des Pilatus ganz über Eocaen geschoben worden sind.

Das gesamte Gebiet der Schweiz ist bereits an Hand der Blätter des Dufour-Atlas vollständig geologisch in Karten, Profilen und Text zur Darstellung gebracht. Und zwar wurde diese gewaltige Arbeit, die anderwärts den Landesgeologen übertragen wird, in uneigennütziger Weise von den Schweizer-Geologen ohne Entgelt ausgeführt. Gegenwärtig werden in gleicher Weise einzelne geologisch besonders interessante und komplizierte Gebiete im Detail mit Hilfe des Siegfriedsatlasses studiert und publiziert, wie die Überschiebungszone Lägern—Hauenstein, das Sentisgebirge, die Unterwaldner Alpen, das Simplongebiet, die Freiburger Alpen, die Graubündner Alpen usw.

5. Zur Geologie der Kontinente.

1. Europa. Die geologische Karte Europas[1] zeigt einen typischen Gegensatz zwischen dem Nordosten und dem Südwesten des Kontinents. Während sich dort die große russisch-skandinavische Platte mit fast völlig horizontalen Schichten bis zum alten Faltengebirge des Ural ausdehnt, finden wir den Südwesten ganz kompliziert aufgebaut. Am Rande der Tafel zieht sich eine Schar von Faltenzügen hin, nämlich Kaukasus, Balkan und Karpathen, denen sich nach Westen die Alpen, der Appenin und die Pyrenäen anreihen, alles junge Gebirge, bei denen noch die tertiären Schichten mitgefaltet sind. Diesen Gebirgswellen ist nordwestlich ein vielfach gegliedertes Schollenland vorgelagert, das aber früher auch gefaltet war. Dem genialen Blick des Geologen Sueß ist es gelungen, den Verlauf dieser alten Falten zu entwirren. Er unterscheidet:

1. Das kaledonische Gebirge, das von Schottland nach dem westlichen Skandinavien reichte und schon vor der Carbonzeit bestand.

2. Das armorikanische Gebirge, dessen Faltenzüge vom südlichen England nach der Normandie und dem französischen Centralplateau streichen.

3. Das variskische Gebirge, welches vom östlichen Teil des Zentralplateaus ausgehend die deutschen Mittelgebirge umfaßt. Die beiden letzteren Gebirgssysteme wurden nach der Carbonzeit gebildet, sind aber wie das erstere von der Erosion fast ganz abgetragen und zuletzt von zahlreichen Brüchen durchsetzt worden, so daß jetzt nur noch einzelne Horste hervorragen, wie das Zentralplateau, Vogesen, Schwarzwald, Rheinisches Schiefergebirge, Erzgebirge u. s. w. Mit der Ausbildung dieses Schollenlandes stehen die tertiären vulkanischen Erscheinungen am Rande der Horste in engem Zusammenhang, so in der Auvergne, beim Kaiserstuhl, im Hegau, im böhmischen Mittelgebirge, ähnlich wie die Auftürmnng der Ketten am Innenrande häufig dem Magma das Ausbrechen erleichterte, so bei den Euganeen, bei den Karpathen, beim Appenin.

Die jüngste Veränderung hat der Süden Europas erfahren, da sicher das Tyrrhenische, das Adriatische und das Ägäische Meer ganz junge Bruchfelder

[1]) Siehe schweiz. Schulatlas. S. 72.

sind. Dafür spricht neben anderem die überraschende Einheitlichkeit der Mittelmeerflora, die nur durch die jetzt verschwundenen Mittelmeerbrücken erklärlich ist. Diese Versenkungen dauern offenbar jetzt noch fort, dafür sprechen: Vesuv, Stromboli, Aetna, Santorin und die zahlreichen starken Erdbeben in Süditalien und Griechenland.

Die abwechslungsreiche Erdgeschichte Europas ist die Ursache der reichen Gliederung des Kontinents und daher mit ein Grund für die hohe menschliche Kulturentwicklung in Europa.

2. Asien. Bei Betrachtung der geologischen Karte Asiens fallen uns sofort durch ihre rote Farbe zwei Partien als alte zum Teil vulkanische Zonen auf. Vorder-Indien und Nordostasien. Während wir aber im nördlichen Teil an den vielen schmalen Streifen der alten Sedimentgesteine eine gefaltete Region der Erdrinde erkennen, ist bei Vorder-Indien nichts dergleichen zu sehen, woraus hervorgeht, daß Indien ein altes Tafelland ist. Diese Eigenschaft teilt Vorder-Indien mit Arabien und dem größten Teil von Afrika, was auf der Karte gut zu erkennen ist. Aus diesem Grunde hat man geschlossen, daß diese Länder einmal mit einander verbunden waren und gewissermaßen nur noch die Überreste eines alten Kontinents darstellen, der zum größten Teil in Brüche gegangen sei. Dieses versunkene Land, dessen frühere Existenz übrigens auch durch manigfache Pflanzenbeweise (Palmen, Akazien) und Tierbeweise (Lemuren und Insektenfresser) erwiesen ist, wird Gondwanaland genannt. Die Meeresbecken im Süden Asiens sind also nichts anderes als Grabenversenkungen wie das rote Meer, der persische Meeresbusen und Einbruchsfelder wie das Bengalische und das Arabische Meer und der ganze indische Ozean selbst. Zur Zeit des Gondwanalandes bedeckte das mittlere Asien ein großes Meeresbecken „das zentrale Mittelmeer“, was durch die vielen mesozoischen Sedimente im Tienschan, Kuënlun und Himalaja bewiesen ist. Nördlich derselben erhob sich der alte Scheitel Asiens, der aus den hohen Gebirgszügen des Sajan-Gebirges, der Jablonoi- und der Stanowoi-Ketten gebildet wurde. Später türmte die gebirgsbildende Kraft zunächst den Altai, dann den Alatau und den Tienschan auf und zuletzt, nach dem Tertiär, den Kuënlun und den Himalaja. So entstand an Stelle des zentralen Mittelmeeres der neue Scheitel Asiens und dadurch wurde der Norden mit dem Südosten zu einem Kontinente vereinigt. Aber erst die geologisch neueste Zeit, das Quartär, brachte durch eine Hebung das Turanisch-Sibirische Meer bis auf wenige Reste wie Kaspisee und Aralsee zum Verschwinden, wodurch Europa Asien angegliedert wurde, während zugleich im Süden Ganges und Indus Vorderindien mit Asien verbanden. Der alte Scheitel aber wurde durch die Erosion erniedrigt und einzelne Stücke sanken ein wie der Baikalsee und das Bruchfeld von Irkutsk. So hat Asien sein heutiges Aussehen erst in allerneuester Zeit erhalten.

3. Afrika. Ein Blick auf die geologische Karte Afrikas zeigt uns, daß nur im nördlichen Teil Sedimente aus der Sekundärzeit sich finden, woraus hervorgeht, daß beinahe der ganze Kontinent seit dem Altertum der Erde nicht mehr unter Wasser stand. Dadurch wird die große Zahl altertümlicher und eigenartiger Tiere und Pflanzen erklärlich wie das Schuppentier, das Rhinozeros, das Nilpferd u. s. w. sowie die Welwitschia mirabilis, der Silberbaum, die Sykomore, die Proteaceen u. s. w.

Ebenfalls nur im Norden finden wir, durch die streifenförmige Ausbreitung der Formationen erkennbar, kettenartigen Gebirgsbau im Atlasgebirge, während ganz Zentral- und Südafrika ein großartig entwickeltes Tafelland darstellt. Dasselbe zeigt neben dem abessinischen Horste namentlich viele Grabenversenkungen wie beim Nyassasee, Tanganikasee und Albertsee, deren geologisch völlig gleiche Ufer durch diese Entstehung bedingt sind.

Entsprechend dem hohen Alter des Kontients sind auch die vulkanischen Ergüsse für die große Landmasse höchst spärlich und fast nur im Osten zu finden wie in Abessinien, beim Teleki und Kilimandjaro, während das Gestein der uralten Vulkanschlote in Südafrika (Cimberly) längst gänzlich verwittert ist (Grünstein), so daß die Diamanten leicht daraus losgelöst werden können.

4. Nordamerika. Die geologische Karte Nordamerikas zeigt uns einen großartigen Gegensatz zwischen Osten und Westen. Während die östliche Hälfte des Kontinents nichts als ganz alte paläozoische Gesteine zeigt, sehen wir im Westen die Schichtreihen bis ins Tertiär hinaufgehen. Daraus ergibt sich, daß der östliche Teil seit dem Paläozoikum nicht mehr unter Wasser war, woraus direkt geschlossen werden kann, daß die Bodenerhebungen nirgends groß sein können. Dies gilt nicht nur für die alte laurentische Platte, sondern auch für die auf der Karte noch deutlich als Faltengebirge erkennbaren Appalachien; denn sie sind im Laufe der gewaltigen Zeiträume bis in den innersten Kern hinein denudiert worden.

Ganz anders die Kordilleren im Westen. Wenn vielleicht auch ein Teil des Felsengebirges schon im Paläozoikum Festland war (immerhin getrennt vom Osten), so ist doch erst in der Tertiärzeit die eigentliche Erhebung hier erfolgt und damit wurde der junge Westen dem alten Osten angegliedert. Dafür sprechen nicht nur die tertiären Sedimentbildungen im Felsengebirge, sondern namentlich auch die große Entwicklung jung vulkanischer Ergüsse, die bei der Auftürmung des Gebirges leicht den Weg an die Erdoberfläche fanden. Denn die Cordilleren sind kein reines Faltengebirge. An vielen Stellen finden wir horstförmige Partien von gewaltigen Verwerfungen begrenzt, so namentlich im mittleren Teil, z. B. am Salzsee die größte bekannte Verwerfung von zirka 4000 *m*.

Daß diese Krustenbewegungen direkt mit der Versenkung des Bruchfeldes des stillen Ozeans Hand in Hand ging, ist mehr als wahrscheinlich. Einmal liegen alle tätigen Vulkane Nordamerikas wie diejenigen der Aleuten, in Mexiko und in Zentral-Amerika ganz nahe der Küste (6 der größten vom Takana bis zum Coseguina sogar genau auf einer Geraden). Dann sind auch fast alle amerikanischen Erdbeben Küstenbeben (San Franzisko, Valparaiso 1906) und daher Beweise für die jetzt noch sich vollziehenden Verschiebungen am Rande des stillen Ozeans.

5. Südamerika. Südamerika zeigt in seinem geologischen Aufbau große Ähnlichkeit mit Nordamerika. Hier wie dort zeigt uns die Karte im Osten nur alte Ablagerungen und im Westen junge Kettengebirge. In Südamerika aber finden wir den ganzen östlichen Teil von einer vollständig ungefalteten Scholle eingenommen, welche in ihren Deckengesteinen nur noch mesozoische Schichten aufweisen. Das erklärt uns die höchst merkwürdige und eigenartige Fauna Südamerikas, die mit derjenigen Nordamerikas, welches mit Europa in Zusammenhang war, in auffallendem Gegensatz steht. Da eben die Landenge von Panama erst in jüngster Zeit aus dem Meere auftauchte, konnte die Tierwelt in dieser abgeschlossenen brasilianischen Insel ihre Eigentümlichkeiten wie Tapire, langschwänzige Affen, die altertümlichen Zahnlücker (Faultier, Ameisenfresser) und die merkwürdige Beutelratte bewahren.

Dem westlichen Rande entlang zieht sich ein Faltengebirge mit einer großen Zahl von aufgesetzten Vulkanen, von denen mehrere (zirka 15) jetzt noch tätig sind. Während wir im Süden nur eine Kette antreffen, erscheinen nach Norden zunächst zwei, dann drei, wodurch das abflußlose Hochland von Bolivia und Nordchile zwischen Ketten zu liegen kommt. In der Fortsetzung zeigen sich zunächst nur 2 Faltenzüge, während vom Vulkangebiet des Cotopaxi an ein fingerförmiges Auseinanderlaufen der Falten stattfindet, von denen eine bis Trinidad reicht.

In allen drei Vulkangebieten Chile, Peru und Ekuador finden stets häufige Eruptionen statt, oft verbunden mit Erdbeben die manchmal tagelang dauern, was alles uns zeigt, daß in diesem jungen Faltengebirge die gebirgsbildenden Kräfte noch nicht zur Ruhe gekommen sind.

Entsprechend dem geologischen Aufbau des Landes hat der ganze Kontinent ein Gefälle von dem jungen Westen zu dem alten abgetragenen Osten und daher ziehen fast alle Flüsse vom Westrand gegen die Ostküste. Ihren Anschwemmungen wie Pampas, Gran Chaco, Orinoco-Niederung ist es zu verdanken, daß die alte Ostinsel dem jungen Faltengebirge auf so weiter Strecke angegliedert wurde.

6. Australien. Es ist zweifellos durch die Beuteltiere erwiesen, daß Australien nur ein Überrest eines größeren Kontinents ist, der mit Asien in Zusammenhang war, denn diese Tierklasse war noch im Tertiär in der alten Welt weit verbreitet. Die Loslösung muß aber schon früh, wahrscheinlich am Ende der Kreidezeit stattgefunden haben, da alle echten Säugetiere in Australien fehlen. Zur Tertiärzeit war Australien durch ein Meer nördlich der Australbucht in einen größeren östlichen und einen kleineren westlichen Teil getrennt und dieser später gehobene Meeresboden bildet den Untergrund für die westlichen Wüsten. Dadurch erklärt sich der auffallende Unterschied der Flora und namentlich auch der Fauna von West- und Ost-Australien.

Der größte Teil des Kontinents hat Plateaucharakter und zwar befindet sich westlich eine tertiäre Platte die, bis auf das Kristallinische entblößt, in einem großen Bruche gegen den indischen Ozean abbricht, während im Osten eine mesozoische Platte an die Küstenkordilleren anstößt, welche Australien gegen den stillen Ozean abgrenzt. Dieses Faltengebirge ist der älteste Teil des Kontinents, da nur paläozoische Schichten mitgefaltet sind, es war also der Osten Australiens seit dem Altertum nicht mehr überflutet.

7. Neuseeland ist noch viel früher als Australien von dem Kontinent abgetrennt worden; denn es finden sich hier nicht einmal Beutelsäuger. Die Südinsel Neuseelands ist ihrer ganzen Länge nach von einem hohen Faltengebirge durchzogen, das am südlichen Ende scharf nach Osten umbiegt. Diese Zone mit alpinem Hochgebirgscharakter stammt aus der Jurazeit und ist deswegen schon ziemlich stark erodiert; am Innenrande des Faltenbogens finden sich die Vulkane Otago und Akaroa. Die Nordinsel bildet im Osten die Fortsetzung des Kettengebirges der Südinsel, der größere westliche Teil aber ist fast rein vulkanisches Gebiet. Es gibt kaum eine vulkanische Erscheinung, die hier nicht zu finden wäre. Es wechseln mit einander tätige und erloschene Vulkane, abradierte Vulkane und vulkanische Seen, Geysire, Solfataren und Schlammvulkane. So gibt es um die Stadt Auckland herum nicht weniger als 61 Eruptionspunkte; ebenso großartig sind die vulkanischen Bildungen in der Gegend des großen alten Kratersees Taupo.

IV. Abschnitt.

Erdgeschichte oder historische Geologie.

I. Die Kant-Laplace'sche Theorie.

Wenn wir den nächtlichen Sternenhimmel betrachten, so fallen uns unter den stets in gleicher Stellung zu einander stehenden Fixsternen einige stark leuchtende Sterne auf, die ihren Platz stetig ändern, die

Wandelsterne oder Planeten. Dieselbe bewegen sich alle innerhalb einer relativ schmalen Zone am Himmel in gleichem Sinne von West nach Ost. Diese überraschende Tatsache hat dazu geführt, für sämtliche Planeten eine gemeinsame Entstehungsweise zu ermitteln. Von den vielen derartigen Versuchen wollen wir hier nur eine, nämlich die von dem Philosophen Kant aufgestellte und von dem Physiker Laplace mathematisch begründete Theorie aufführen, da sie am besten mit den über die Planeten und die Erde bekannten Tatsachen übereinstimmt.

Nach dieser Theorie war die Sonne mit all ihren Planeten und deren Monden in den frühesten Zeiten eine gewaltige, stark erhitzte, glühende Gasmasse, welche sich von West nach Ost drehte. Infolge dieser Drehung wurde die Gasmasse abgeplattet und durch die Ausstrahlung der Wärme in den kalten Weltenraum an ihrer Peripherie abgekühlt. Dadurch enstanden in der äquatorialen Zone ringförmige Absonderungen, welche durch Zerreißen sich zu Kugeln zusammenballten, die ebenfalls die Drehung von West nach Ost beibehielten und für sich später einen ähnlichen Prozeß durchmachten, wie das Gesamtsystem.[1]) So bildeten sich auch hier wieder Ringe und aus diesen wiederum kugelförmige Körper. Diese letzteren stellen nun die Monde und Ringe (Saturn) der Planeten dar, während der übrig bleibende Kern das Material für den Planeten selbst lieferte. Und aus der, von der Gesamtmasse im Zentrum des Ganzen bleibenden Partie, entstand der jetzt noch glühend heiße Ball der Sonne. (Plateau's Versuch).

Nach einer anderen Ansicht (Moulton und Chamberlain) soll die Abtrennung der Planeten von der Sonne durch einen anderen großen Weltenkörper, der sich der ursprünglichen Ursonne sehr stark näherte (auf 2 bis 4 Radien) bewirkt worden sein. Dadurch sei eine so große Flut erzeugt worden, daß die Planetenmassen losgerissen worden seien. (Erklärung der Exzentrizität der Bahnen und der retrograden Monde).

Für beide Theorien spricht neben der gleichsinnigen Bewegung aller Planeten um die Sonne und um ihre eigene Achse auch die gleichartige chemische Zusammensetzung von Sonne, Erde und Meteoriten. Auch erklärt sich so die Tatsache, daß die äußeren Planeten leichter sind als die innern. Der Sternenhimmel zeigt auch jetzt noch in den Nebelflecken und Saturnringen ähnliche Entwicklungsstadien, wie man sie für unser Planetensystem angenommen hat.

Nach diesen Ansichten ist also unsere Erde auch ein glühender Gasball gewesen. Derselbe kühlte sich auf seinem Wege durch den Weltenraum immer mehr ab, bis er sich nach und nach verflüssigte und zuletzt die äußeren Massen eine feste Kruste bildeten, die Erstarrungskruste der Erde. Für die Annahme, daß die Erde einmal flüssig war, spricht

[1]) Nach Zöllner wurden die Kugeln bei ihrer Bildung zugleich abgeschleudert, vergleiche Spiralnebel (Erklärung der großen Distanz der Planeten).

auch ihre Form; denn sie stellt ein Rotationsellipsoid dar, wie es flüssige Körper unter dem Einflusse von Rotationskräften annehmen. Da die immer weiter fortschreitende Abkühlung nicht nur die Rinde dicker werden ließ, sondern auch das Volumen der Erde verkleinerte, entstanden oft Risse in der Kruste. Wenn die noch flüssige Kernmasse aus denselben hervordrang, entstanden vulkanische Bildungen, wie sie sich auch heute noch, allerdings in viel kleinerem Maßstabe zeigen (s. S. 163).

Nachdem die Temperatur der Kruste unter 100° gesunken war, wurde das Wasser, das bis jetzt in Dampfform in der Atmosphäre sich befand, tropfbar flüssig niedergeschlagen. Von nun an konnte es seine großartige, zerstörende und neubildende Tätigkeit beginnen, welche sich in der Folgezeit als ein Hauptfaktor bei den Umgestaltungen der Erdoberfläche erwies: Erosion und Sedimentation (S. 135).

II. Versteinerungen.

Von der Zeit an, wo organische Wesen auf der Erde auftraten, wurden mit den Sedimentgesteinen ebenfalls Überreste von Pflanzen und Tieren abgelagert, die sich zum Teil bis in die Gegenwart erhalten haben. Die Überreste, die von frühern Floren und Faunen in der Erdkruste aufbewahrt worden sind, nennt man Versteinerungen, Petrefakten[1]) oder Fossilien.[2]) Sie können sich verschiedenartig erhalten haben, entweder stellen sie dar:

a) direkt die festen Gerüste der Tiere, wie Muschelschalen, Schneckengehäuse, Seesterne u. s. w., oder

b) die Überreste sind durch andere Substanzen verhärtet worden: verkalkte ($Ca\,CO_3$) Knochen, verkieseltes ($Si\,O_2$) Holz, verkieste ($Fe\,S_2$) Ammoniten;

c) oder es sind nur Abdrücke im weicheren Schlammabsatz vorhanden, wie Steinkerne, Fußspuren, Abdrücke von Pflanzen im Kohlenkalk;

d) die meisten Pflanzenüberreste sind uns durch den Verkohlungsprozeß erhalten geblieben. (s. S. 81.)

Diese Dokumente ferner, vergangener Zeiten ermöglichen uns trotzdem sie oft sehr mangelhaft erhalten sind, gestützt auf das Gesetz der „Correlation der Organe" einen Einblick in die Organisation der frühern Lebewesen zu tun. Auch geben sie uns die Mittel an die Hand, die Erdgeschichte in die schon bei den Sedimentgesteinen (S. 134) aufgeführten 5 Zeitalter mit den dazu gehörigen 14 Formationen einzuteilen. Denn im Laufe der Zeiten haben sowohl Pflanzen als Tiere vielfache Veränderungen durchgemacht, so daß die aufeinanderfolgenden Schichten sich durch ihre Petrefakten von einander wesentlich unterscheiden. Viele versteinerte Arten kommen nur in bestimmten Schichten vor und sind deshalb ein wichtiges Erkennungszeichen für dieselben, man nennt sie deswegen Leitfossilien.

[1]) lat. petra = Felsen, factum = gemacht. — [2]) lat. fossilis = ausgegraben.

III. Kurze Beschreibung der Sedimente der einzelnen Zeiten.

1. Die Urzeit oder das Azoikum.[1])

Die azoische Periode ist durch das vollständige Fehlen erkennbarer organischer Überreste charakterisiert. Es gehören dazu die allerältesten Sedimente, welche je bloßgelegt worden sind, wie Gneis und kristallinische Schiefer. Der azoische Schichtenkomplex mißt vielerorts 20—30.000 *m*, und bildet auf der ganzen Erde die ziemlich gleichförmige Unterlage aller späteren Ablagerungen.

An das Vorkommen dieser Ursedimente ist das Auftreten der meisten Erzgänge gebunden, wie im Erzgebirge, Příbram, Kongsberg.

Trotzdem man keine eigentlichen Versteinerungen in den Urschiefern gefunden hat, so schließt man doch aus dem Vorkommen von Graphitschiefern und Kalkbänken in den obern Partien, daß schon am Ende jener unendlich fernen Urzeit organische Wesen existiert haben, deren Überreste aber vollständig unkenntlich geworden sind.

Die Sedimente des Azoikums sind an vielen Orten durch die Erosion auf weite Strecken bloßgelegt, so im Schwarzwald und in den Vogesen, in Böhmen, in Thüringen, in Skandinavien. In unseren Alpen bilden sie die gewaltigen Zentralmassive, welche von innen nach außen gewöhnlich aus Protogin, Gneis, Sericitgneis, Glimmerschiefer und Urtonschiefer in verschiedener Ausbildung bestehen.

2. Das Altertum, Paläozoikum[2]) oder Primärzeit.

Die untersten, petrefaktenführenden Schichten gehören zum Cambrium[3]), Silur[4]) und Devon[5]), welche drei Formationen in England schön entwickelt sind und deswegen auch so benannt wurden. Aber auch in vielen anderen Gebieten Europas finden sich Ablagerungen aus diesen alten Zeiten. In den Schweizeralpen hingegen hat man keinen sicheren Nachweis von solchen; aber es ist möglich, daß ein Teil der oberen kristallinischen Schiefer solche, durch den Gebirgsdruck metamorphosierte Sedimente sind.

Erst aus der Carbonzeit[6]) finden wir in der Schweiz unbestreitbare Überreste, so bei Valorcine, bei Outre Rhône, Erbignon und anderen Stellen im Wallis, wo man ganz deutliche Pflanzenabdrücke gefunden hat. Desgleichen muß man die Anthrazitlager im Wallis bei Sitten und im Turtmanntal zur Karbonzeit rechnen. Dazumal bildete also wohl das westliche Wallis eine Insel mit einer reich entwickelten Steinkohlenflora,

---

[1]) griech. zôon = Tier, á = ohne. [2]) griech. palaíos alt. — [3]) Nach einem Gebirge in Wales. — [4]) Nach den Silurern, einem alten keltischen Volksstamme in Wales. — [5]) Nach der Grafschaft Devonshire in England. — [6]) lat. carbóvium = Kohle.

wie wir das ähnlich annehmen müssen an den Stellen, wo sich jetzt die großen Kohlenlager von St. Etienne, Saarbrücken, vom Ruhrbecken u. s. w. befinden.

Am Ende der Karbonzeit (Permformation) bildete sich durch Ablagerung von Geröll, Sand und Schlamm in einem Meer in der Gegend südlich des Kanton Glarus das sogenannte Sernifit-Konglomerat, welches grobkörnig bis feinkörnig und sogar feinschiefrig ausgebildet ist, und jetzt die kühnen Bergformen des Kärpfstock, Hausstock und Heustock im Glarnerland bildet; auch das grobe Konglomerat von Valorcine gehört hieher. Entsprechend dem großen Kupfererzreichtum dieser Zeitepoche in Deutschland, finden wir auch in der Schweiz auf der Mürtschenalp Erzgänge; dieselben haben aber leider bei der vorgenommenen Verhüttung zu wenig Kupfer geliefert, als daß die weitere Ausbeute sich rentiert hätte.

Am Schlusse der Karbonzeit fanden auch eine große Zahl von Eruptionen von Porphyr und Melaphyr statt (Südtirol, Ilfeld im Harz, Nordböhmen), in der Schweiz gehören dazu die Melaphyreinlagerungen am Kärpfstock, der Porphyr der Windgälle und die Porphyre von Lugano.

3. Das Mittelalter, Mesozoikum[1]) oder Sekundärzeit.

Während zur Primärzeit die Schweiz zum größten Teil Festland war, oder nur Seichtmeerbildungen aufzuweisen hatte, so daß an vielen Stellen der Alpen (Kt. Uri, Berner Oberland) alle alten Sedimente bis und mit der Trias nur als eine schwach entwickelte Schicht, die Zwischenschicht oder Übergangsgesteine auftreten, ist unser Land fast während dem ganzen Mesozoikum vom Meere bedeckt gewesen; daher ist in der Schweiz die Reihenfolge der Ablagerungen vom Karbon bis zum Tertiär beinahe vollständig ohne Unterbruch vorhanden.

a) Die Trias[2]) als erste sekundäre Formation ist außeralpin in drei petrographisch ganz verschiedenen Schichten entwickelt: Buntsandstein, Muschelkalk und Keupermergel. Der Buntsandstein, welcher durch Eisengehalt rot, braun oder grünlich gefärbt ist, bildet, wegen seinem Kieselzement einen vorzüglichen Baustein, was die Rheinstädte von Basel bis Mainz in ihren Kunstbauten reichlich ausgenützt haben. Am Südfuße des Schwarzwaldes findet er sich in weiter Erstreckung; aber auf dem linken Rheinufer, auf Schweizerboden, ist er nur ein wenig bei Säckingen und bei Rheinfelden entblößt.

Dagegen ist der Muschelkalk am Nordende des Plateau-Jura von Basel bis Klingnau überall anstehend, und auch im Ketten-Jura ist er in der Überschiebungszone auf lange Erstreckung als tiefstes Gestein bloßgelegt. Die Schichten sind häufig von Muschel- oder Enkriniten-Überresten ganz erfüllt, an anderen Orten enthalten sie Gips- und Kochsalzstöcke.

---

[1]) griech. mésos = mitten. — [2]) griech. trías = drei.

Der den Muschelkalk gewöhnlich in breiter Zone überlagernde Keupermergel liefert der Landwirtschaft einen sehr guten Ackerboden und bildet deswegen mit dem darauf folgenden Jura-Lias den fruchtbaren Untergrund der ertragreichen Jurahöfe.

Die drei aufgeführten Schichtensysteme hat man, weil hauptsächlich in Deutschland entwickelt, die germanische Facies[1]) der Trias genannt. Die in den Schweizer-Alpen ausgebildeten Triasablagerungen, die sogenannte helvetische Facies, verhalten sich vollständig anders; meist bilden sie eine wenig mächtige dolomitische Schicht, die wegen ihrer Farbe Rötidolomit[2]) genannt wird, vielerorts sind darin (wie im nördlichen Jura), Gipsstöcke und selbst Kochsalz eingelagert, so in Bex, in Leissingen am Thunersee. Als ostalpine Facies der Trias hat man die wiederum vollständig anders ausgebildete Trias der Klippen und Überschiebungszonen, die wir oben anführten, bezeichnet, weil diese Gesteine mit den entsprechenden der Ostalpen übereinstimmen.

b) Viel gleichmäßiger ist in der Schweiz die Juraformation entwickelt. Man unterscheidet: unterer Jura oder Lias[3]), mittlerer Jura oder Dogger und oberer Jura oder Malm.

Im Juragebirge selbst schieben sich zwischen obern und mittlern Jura Mergel-Schichten ein, so daß wir dort von oben nach unten unterscheiden: weiße bis gelbliche Malmkalke = weißer Jura, graue magere Argovian-Oxfordmergel = grauer Jura, bräunliche oolithische Dogger-Kalke = brauner Jura, und zu unterst die blau-schwarzen feingeschieferten fetten Liasmergel = schwarzer Jura. Da die Mergelschichten viel leichter durch Wasser weggeführt werden, als die festen Kalke, entstehen durch die Erosion im Kettenjura häufig kleine isoklinale Längstälchen oder Comben (Oxfordcomben, Liascomben), und im Plateaujura eine ausgesprochene Terrassierung der Talabhänge (siehe Profil 229, I und II).

Während die zwei untersten Schichtsysteme in den Alpen ähnlich ausgebildet sind wie im Juragebirge, ist der Malm hier als tiefschwarzer Kalkstein entwickelt, der aber an der Außenfläche ausbleicht und fast weiß wird, (Hochgebirgskalk unserer Schweizeralpen). Er ist sehr einförmig und petrefaktenarm und bildet mit seinen 400—600 *m* dicken, wenig geschichteten Lagen die Basis vieler großer Gebirgstöcke, wie Tödi, Urirotstock, Titlis, Wetterhorn u. s. w. Der Malm liefert sowohl in den Alpen wie im Jura die besten Bausteine, und zahllos sind die Steinbrüche zur Ausbeutung derselben; schöne Varietäten werden Marmor genannt (Alpenmarmor, Solothurner Marmor).

c) Kreideformation. Schon am Ende der Jurazeit hatte sich der östliche Teil des Jura von Pruntrut an stark gehoben, so daß sich

---

[1]) lat. facies = Gesicht, Aussehen. — [2]) von der Röti am Tödi. — [3]) Lias, Dogger, Oxford und Malm sind englische Lokalnamen.

in dem wenig tiefen Meere eine reiche Korallenfauna, die viele Inseln bildete, entwickeln konnte (Korallenfacies des Malm), während auf dem gesamten Alpengebiet noch Tiefseesedimente sich ablagerten. Mit Beginn der Kreidebildungen hob sich der Ostjura bis Biel ganz über das Wasser, (um erst zur Miocaenzeit wieder zu versinken); die übrige Schweiz aber blieb vom Kreidemeer bedeckt. Die Ablagerungen jener Zeit sind bei uns keineswegs gleich entwickelt, wie auf Rügen oder an den Küsten des Kanals, von wo sie ihren Namen erhalten haben, sondern sie stellen meist kompakte dichte Kalksteine dar, wie der Seewerkalk und Schrattenkalk, welch letzterer besonders kühne Bergformen bildet, mit dazwischengelagerten tonigen Schichten, wie Gault und Neocom, welche Gesteine wegen ihrer leichten Verwitterbarkeit die Kalkgräte stärker hervortreten lassen.

Die Verbreitung der Kreidegesteine ist im westlichen Jura und namentlich in den Alpen eine sehr große. Die Kreideketten bilden die äußere Zone der Kalkalpen und ziehen sich am nördlichen Alpenrande durch die ganze Schweiz vom Sentis bis zu den Waadtländer Voralpen (Churfürsten, Glärnisch, Pilatus, Brienzer Rothorn, Diablerets.)

Während der Sekundärzeit kommen sehr wenig vulkanische Ergüsse vor, so daß wir sie als eine Periode ruhiger Sedimentation betrachten können.

4. Die Neuzeit, das Kaenozoikum[1]) oder Tertiärzeit.

Das Kaenozoikum wird in der Schweiz eingeteilt in Eocaen, Miocaen, und Pliocaen. Das Eocaenmeer[2]) lieferte in den Alpen namentlich 2 Gesteinsarten, den Flysch, ein toniges Sediment, welches häufig durch Druckwirkung fein geschiefert wurde (Elmer Schiefer, Frutiger Schiefer), und den Nummulitenkalk, der meist ganz erfüllt ist von den münzartig aussehenden Gehäusen dieser größten Foraminiferen. Der zur Eocaenzeit aus dem Wasser hervorragende Jura zeigt merkwürdige Produkte der Festlandserosion, die Hupper-Erde und die Bohnerzbildungen. Man faßt die letzteren auf als Erosions-Überreste von eisenschüssigen, tonigen Kalksteinen, welchen das Wasser den kohlensauren Kalk entzog, so daß nur die Beimengungen zurückblieben, in welchen als Konkretionen die Bohnerzkörner entstanden.

Mit der Miocaenzeit[3]) versank der größte Teil des Jura unter das Meer, während eine erste große Erhebung und Faltung der Alpen stattfand. Derselben muß zugeschrieben werden die gewaltige Überschiebung der Klippen (s. S. 189); denn diese sind den obersten Eocaenschichten aufgelagert. In das Miocaenmeer (das „helvetische Meer“), welches nördlich der Alpen fast die ganze Schweiz überdeckte und auch westlich sich weit nach Frankreich bis Lyon und östlich bis München

[1]) griech. kaînos = neu. — [2]) griech. éos = Morgenröte. — [3]) Miocaen = mittlere Neuzeit.

und Wien erstreckte, ergossen sich aus dem aufgerichteten Alpengebirge große Flüsse, welche ihre Geschiebe in großen. Deltaablagerungen absetzten. Diese sind am Alpenrande als sehr grobkörnige Nagelfluh entwickelt und zwar bildete die Urlinth die Kalknagelfluh des Speergebietes, die Urreuss die Rigiablagerungen, und die Uraare die gewaltigen Nagelfluhfelsen des Napfgebietes. Weiter gegen das Flachland hin geht die Nagelfluh nach und nach über in den Molassensandstein, der den größten Teil des schweizerischen Mittellandes überdeckt, abwechselnd mit nach Norden zunehmenden Mergelschichten.

Das Material der Nagelfluh weist viele unseren jetzigen Alpen fremde Gesteine auf, sogenannte exotische Granite, Porphyre, Jaspis und Madelsteine. Die Herkunft dieser Gerölle, welche wegen ihrer Größe nicht weither transportiert worden sein können, ist eine rätselhafte. Am einfachsten scheint es, sie als Abspülungsprodukte der Klippen und Überschiebungszonen (s. S. 189) zu betrachten, wenngleich dafür noch nicht genügend Anhaltspunkte beigebracht werden können; immerhin stimmen einige Gesteine der Klippen und der Nagelfluh überein (z. B. zwischen Rigi und Mythen), andere auch mit ostalpinen Gesteinen.

Während der Miocaenzeit hat in der Schweiz die Wasserbedeckung mehrmals ihren Charakter gewechselt, so daß wir unterscheiden:

1. untere Meeresmolasse, nur nördlich des Jura von Basel bis Delsberg entwickelt;

2. untere Süßwassermolasse, zieht sich als breiter Streifen den Alpen entlang, hauptsächlich Nagelfluhbildungen enthaltend, von St. Margarethen über Speer, Roßberg, Rigi, Thunersee bis Lausanne.

3. obere Meeresmolasse, ist in der Ostschweiz nur als schmaler Streifen, die vorzüglichen Sandsteine von Rorschach, Bäch, Luzern liefernd, entwickelt. Die Westschweiz hingegen ist zu einem großen Teil davon bedeckt, und auch östlich von Bern finden wir noch obere Meeresmolasse im Mittelland (Oberaargau) und dem Jura entlang bis zu den Lägern hinaus, hier ist sie häufig fast nur aus Muschelschalentrümmern (Muschelsandstein) zusammengesetzt (Würenlos, Murtner-See).

4. obere Süßwassermolasse, sie nimmt den größten Teil der Kantone St. Gallen, Thurgau, Zürich, Aargau und Luzern ein und bildet in letzterem Kanton die prächtige Napfgruppe.

In den Ablagerungen der oberen und unteren Süßwassermolasse findet man zwischen den Sandsteinen und Mergelschichten eine ziemliche Zahl von Braunkohlenflötzen eingelagert, z. B. bei Käpfnach, Hohe Rhonen, bei Luzern, bei Lausanne u. s. w. Leider ist die Mächtigkeit derselben zu klein, als daß die Ausbeute rentieren würde, nur die Bergwerke von Käpfnach (bis 1910) und Paudèze können sich noch kümmerlich erhalten. Das Studium der Flora jener Zeit, wie sie uns namentlich in den Öhninger Ablagerungen am Bodensee erhalten geblieben ist,

zeigt uns, daß dazumal in der Schweiz ein subtropisches Klima herrschte, da namentlich Palmen, Lorbeer, Feigen, Brotfruchtbäume mit Eichen, Ahorn und Weiden die Hauptbestandteile der Vegetation ausmachten.[1])

Am Ende der Mioeaenzeit floß infolge der Hebung des gesamten Schweizerlandes das Meer ab, und die Pliocaenperiode[2]) fand schon ein trocken gelegtes Land vor, an welchem die Erosionstätigkeit des fließenden Wassers seine Tätigkeit beginnen konnte.

Die Tertiärperiode ist, ähnlich wie die Primärzeit, in Europa ausgezeichnet durch eine große Anzahl vulkanischer Ausbrüche, welche im Gegensatz zu jenen alten, die neuen Ergußgesteine Basalt, Phonolith, Trachyt lieferten; solche Stellen sind das böhmische Mittelgebirge, die Eifel, der Kaiserstuhl, die Auvergne, die Euganeen und ganz nahe der Schweizergrenze die Hegauer Vulkanreihen.

Am Ende der Neuzeit fand auch die letzte und Haupterhebung der Alpen und des Jura statt; das geht daraus hervor, daß am Rande dieser Gebirge die mittleren Tertiärschichten noch mitgefaltet worden sind.

So hat erst am Ende der Tertiärzeit Europa ungefähr sein heutiges Aussehen erhalten, vorher waren große Teile Meeresgrund so: Pariserbecken, Mainzerbecken, die Landschaften um Berlin und um Wien herum, ebenso beim Schwarzen Meer und bei der Kaspisee.

5. Die neueste Zeit oder das Anthropozoikum.[3])

Die letzte Zeit der Erdgeschichte zeigt zwei verschiedene Arten der Ablagerung, nämlich die auf die Tertiärzeit folgenden diluvialen und die noch jetzt sich bildenden alluvialen Bildungen.

Die Diluvialzeit[4]) ist namentlich dadurch charakterisiert, daß die Gletscher eine sehr große Ausdehnung erreichten, so daß die ganze Schweiz von Gletschereis überdeckt war. Ähnlich ist es Norddeutschland ergangen, das von Skandinavien aus vergletschert wurde, wodurch jene Gegend überall mit mächtigen Blöcken von schwedischem Granit und Porphyr, von Feuersteinen der Ostseeküste und anderem Moränenschutt überdeckt wurde. So ist der baltische Höhenrücken nichts anderes als eine zum Teil wieder abgetragene Endmoräne von 40 *m* Höhe und 400 *m* Breite.[5]) (Fig. 234.)

a) Die Beweise, die für eine ehemalige Vergletscherung der Schweiz sprechen, sind die erratischen Blöcke, die Moränenwälle, die Riesentöpfe, die Rundhöcker und die großen Kiesterrassen.

1. An vielen Stellen der Mittelschweiz findet man große eckige Blöcke von fremdartigem Gestein, wie es in den Alpen vorkommt: erratische[6]) Blöcke,

[1]) Die Originalien hiezu (beschrieben in Heers „Urwelt der Schweiz") sind im Polytechnikum aufgestellt. — [2]) griech. pleîos = voll, erfüllt (letzte Periode). — [3]) griech. ánthropos = Mensch. — [4]) lat. Dilūvium = Sintflut. — [5]) Siehe Gletscherkarte im schweiz. Schulatlas. — [6]) lat. errāre = verirren.

Findlinge oder Geißberger;[1]) einige der größten sind: der Pflugstein[2]) bei Erlenbach, der „rote Ackerstein" bei Höngg,*) die rote Flut bei Embrach, der Römerstein bei Lenzburg, der Arkesinblock bei Steinhof (Solothurn), der Teufelsstein auf dem Gurten,*) der Murmeltierstein bei Monthey (Fig. 235). Eine Unmasse dieser Findlinge ist bereits als vorzügliche Bausteine verwendet worden und viele Dörfer sind zum großen Teil aus Findlingen aufgebaut, so daß von den unzähligen Geißbergern, mit denen das Mittelland übersät war, nur einige wenige übrig geblieben sind. Mancherorts findet man auch ganze Blockhaufen, die von auf den Gletscher niedergegangenen Bergstürzen herrühren, so bei Fällanden, am Greifensee und Zollikon bei Zürich, ebenso oberhalb Monthey und die „Teufelsburde" auf dem Jolimont.

Fig. 234. Europa zur Eiszeit.
Dunkel schraffiert: Die Ursprungsstätten der großen Diluvialgletscher.
Licht schraffiert: Gebiete mit Merkmalen einstiger Eisbedeckung.
-------- Grenze der Verbreitung erratischer Blöcke.

2. Einzelne Landstriche des schweizerischen Mittellandes sind völlig überdeckt mit Moränenschutt. So ist z. B. die Pfannenstielkette und die Zimmerbergkette rechts und links vom Zürichsee mit Wallmoränen ganz besetzt, und die Stadt Zürich selbst ist größtenteils auf den Resten der einstigen großen Endmoräne des Linthgletschers erbaut (Hohe Promenade, Lindenhof, Katze, Villenquartier), auch weiter talabwärts bei Dietikon und Kilwangen sind von einem früheren Stande des Gletschers herrührende Wälle. Ähnlich ist es bei Bern; die Hügelzüge auf beiden

[1]) vor Albrecht Haller hießen die Alpen „Geißberge". — [2]) eigentl. Flugstein vom Worte fliegen. — *) jetzt verarbeitet.

Seiten des Aaretals oberhalb Bern, Längenberg, Dentenberg und Belpberg, sind mit mehreren Reihen von Moränen bedeckt, und auch die Bundesstadt selber zeigt, wie Zürich, in ihrem Gebiete einen Kranz von Hügeln, die früher zusammen die gewaltige Endmoräne des Aaregletschers bildeten (Schänzli, große Schanze, Inselspital). In den Kantonen Luzern und Aargau sind die Flußtäler der Suhr, der Wynen, der Hallwyler-Aa, der Bünz und der Reuß völlig erfüllt mit längs und quer verlaufenden Wallmoränen (Moränenlandschaften bei Amriswyl, bei Mellingen, bei Amsoldingen).

Flache Moränenbedeckung finden wir im ganzen Mittelland in weiter Erstreckung auf Hügeln und Tälern, währenddem der Gletscher an tiefer gelegenen Stellen seine tonig schlammige Grundmoräne ablagerte, welche als wasserundurchlässiger Blocklehm die Ursache einer Unzahl von Sümpfen, Sauerwiesen und kleinen Teichen, sowie all der großen Torfmoore geworden ist.

Fig. 235. Der Murmeltierfelsen, ein erratischer Block bei Monthey im Unterwallis, stammt von der Ostseite des Montblanc und ist 20,5 *m* lang, 9,7 *m* hoch und 10,2 *m* breit.

Auf der Grundmoräne findet man häufig ziemlich flache, ellipsoidische Hügel aufgesetzt, welche aus dem zum Teil gerollten, zum Teil kantenbestoßenen Material gemengt mit Grundmoränenschlamm bestehen, die sog. Drumlin[1]. Die Drumlin sind gletscherwärts etwas steiler und auch in der Längsrichtung nicht symmetrisch. Sie wurden unter dem Gletscher aus frühern Wallmoränen, ältern Schottern und eigenem Geschiebe gebildet. Schön ausgebildete Drumlin-Landschaften finden sich bei Effretikon, bei Obfelden, zwischen Uster und Hinweil, ferner in großer Ausdehnung nördlich des Bodensees und bei Orbe.

3. Wenn im Molasseland der nackte Fels bloßgelegt wird, findet man denselben häufig durch den Gletscher geschrammt und poliert, Gletscherschliffe (Zürich Polytechnikum auf Sandstein, Olten und Biel auf Jurakalk), und durch den Gletscherbach ausgehöhlt, Riesentöpfe (Solothurner Steinbruch, Kirchberg bei Burgdorf, Bahnhof Bern, Hügel bei Sitten und am schönsten im Gletschergarten zu Luzern (Fig. 236) und auf der Maloja).

[1] sprich: Drömlin (keltisch-irisches Wort) = längliche Hügel.

4. Wir finden Rundhöcker, wie sie die Alpentäler bis weit hinauf zeigen, auch im Mittelland, und die meisten Molassehügel haben ihre Buckelform von der Gletscherwirkung erhalten, indem etwaige Spitzen und Gräte wegerodiert wurden. So finden wir denn auch dei diesen Hügeln, ähnlich wie bei den Rundhöckern, auf der dem Gebirge zugekehrten Seite alles abgerundet, während auf der entgegengesetzten Seite Steilabfall vorhanden ist; Gurten und Bantiger bei Bern, Zürichberg, Allmannkette u. s. w.

5. Die großen Schotterterrassen (Niederterrassen-, Hochterrassen- und Deckenschotter) können ihre groben Gerölle nicht durch bloßen Flußtransport erhalten haben, sondern stellen Abschwemmungsprodukte der Moränen dar.

6. Auf vielen Hügeln des Mittellandes finden sich Kolonien von Alpenpflanzen, welche an den für sie geeigneten Stellen beim Rückgang der Gletscher zurückgeblieben sind (Relikte der Eiszeit): auf dem Albiskamm Pinus montana, auf dem Tößstock Alpenrosen, ferner Napf, Gurten, Lägern u. s. w. Desgleichen gibt es viele erratische Blöcke, auf denen sich einzelne alpine Pflanzen erhalten haben: Pflugstein bei Erlenbach Asplenum septentrionale, Erratiker bei Mellingen Viola biflora u. s. w.

Fig. 236. Strudellöcher im Gletschergarten zu Luzern, in welchen teilweise noch die durch den Wasserfall bewegten und abgerundeten Reibsteine liegen.

b) Die Ausdehnung der Gletscher im Diluvium entspricht nicht ganz den jetzigen Flußtälern, wie aus unserm Kärtchen, das den Stand der Gletscher in der letzten Eiszeit darstellt, hervorgeht (Fig. 237).

So rückte der Rhonegletscher aus seinem engen Tale heraus, überschritt den Molasserücken der Waadt und floß dem Jura entlang hinunter über Neuenburg, Biel, Solothurn bis Wangen an der Aare, wo er eine große Endmoräne ablagerte. Ebenso floß der Rheingletscher über den ganzen Bodensee hinaus, bedeckte das Hegau und reichte bis Schaffhausen. — Noch viel weitere Gebiete überdeckten die Gletscher zur Zeit ihrer größten Ausdehnung.[1]) So findet man Spuren vom Rhonegletscher westlich bis Lyon, östlich bis nach Aarau und Wildegg hinunter und südlich bis Thun hinauf, wo der Aaregletscher zum Teil über den Brünig nach Unterwalden gedrängt wurde. Ähnlich erging es dem Linthgletscher, der von dem gewaltigen Rheingletscher, welcher einen Arm durch das Walenseetal sandte und bis nach

[1]) Siehe geologische Karte der Alpen im Schweiz. Schulatlas. S. 10.

Windisch reichte, aus seinem Tale westwärts in das Gebiet der Reuß gedrängt wurde. Es ist klar, daß auch die übrigen Gletscher eine größere Ausbreitung besaßen, so kann man Aareerratikum bis Brugg, Reußerratikum bis Waldshut und Lintherratikum von Eglisan bis Koblenz am Rhein nachweisen. In jener Zeit war überhaupt die ganze Schweiz von einem einzigen großen Gletscher (Inlandeis) bedeckt, der sich am Schwarzwald staute und westlich und östlich abfloß (s. Karte). Daraus erklärt es sich, daß die Gebiete der einzelnen Gletscher vielfach in einander übergreifen, wie die unten aufgeführten typischen Gletschergeschiebe ganz deutlich konstatieren lassen.

So finden wir im Gebiete des Zusammenflusses von Aare, Reuß und Limmat auf der kurzen Strecke von Wildegg bis Windisch die Gletschergeschiebe von Rhone-, Aare-, Reuß-, Linth- und Rheingletscher teils gemischt, teils übereinander gelagert.

Fig. 237. Jetzige und ehemalige Gletscher der Schweiz (nach Baltzer, Mühlberg, Früh, Penk und Brückner).
A = Aaregletscher, *Re* = Reußgletscher, *L* = Linthgletscher, *Se* = Sentiserratikum, *T* = Tessingletscher, *Ad* = Addagletscher; *Rho* und *Rhe* = äußerste Grenzen von Rhone- und Rheinerratikum, für *A*, *Re* und *L* sind sie wegen der Kleinheit der Karte weggelassen.

Typische Gletschergeschiebe sind für den

1. Rhonegletscher: Montblanc-Granit, Arolla-Gneis, Arkesin, Smaragditgabbro und Eklogit aus dem Saastal;

2. Aaregletscher: Grimselgranit, Gasterngranit, Niesensandstein;

3. Reußgletscher: Gotthardgranit, Windgällenporphyr, Riginagelfluh;

4. Linthgletscher: Sernifitkonglomerat, Taveyannazsandstein, Melaphyr;

5. Rheingletscher: Juliergranit, Puntaiglasgranit, Diorite.

c) Vierfache Vergletscherung. Die genaue Untersuchung der glacialen Ablagerungen hat ergeben, daß eine mehrfache und zwar wenigstens viermalige Vergletscherung der Schweiz stattgefunden hat. Die Zeiten während kleinem Stand der Gletscher hat man Interglacialzeiten genannt.

α. Von den ersten zwei großen Eiszeiten zeugen noch die auf vielen hohen Molassekämmen sich findenden alten Deckenschotterterrassen, welche zu „löcheriger Nagelfluh" verkittet und ziemlich stark verwittert sind. Sie müssen als abgeschwemmtes Moränenmaterial aufgefaßt werden. (Uto-Nagelfluh, Albishochwacht, Hirzel und Sihlsprung, Baarburg, Irchel, Rheinsberg, Kohlfirst, Stammheimerberg, Karlsruheschotter bei Bern.) Diese Schotter zeigen uns, daß dazumal die Molassetäler noch nicht so tief erodiert waren wie jetzt, denn sie finden sich nirgends in den Niederungen. Daher nimmt man an, daß diese alten Geröllmassen in jener Zeit eine Decke weit über das Land hin bildeten, wie das sicher der Fall war in der Rheingegend (Rheinsberg, Irchel, Kohlfirst, Stammheimer Berg), deswegen der Name Deckenschotter (Fig. 238). Man unterscheidet einen höher gelegenen alten Deckenschotter und einen tiefern = jüngern Deckenschotter entsprechend den beiden ersten Eiszeiten.

β. Die ältere Interglacialzeit war offenbar von ziemlich langer Dauer, da sich in dieser auf den undurchlässigen Grundmoränen große Torfmoore bilden konnten, welche nachher die Schieferkohlen lieferten, so bei Dürnten, Utznach, Wetzikon. Gleichzeitig gruben die von den Alpen kommenden Flüsse ihr Bett immer tiefer in die Sandsteinunterlage ein.

γ. Von der dritten Eiszeit rühren die ziemlich hoch gelegenen Hochterrassenschotter her. Dieselben sind häufig nur loses Geröll oder schwach verkittete löcherige Nagelfluh, wie wir solche im Küsnachtertobel, im Aatal bei Uster, sodann bei Aarau, Brugg, Koblenz, Rheinfelden und Basel finden.

δ. Die Hochterrassen sind an vielen Orten, bei Aarau, Wildegg, Betznau, Basel überlagert von Löß, dessen Bildung der jüngeren Interglacialzeit angehört, indem aus den mächtigen Wall- und Grundmoränen der feine Lößsand ausgeblasen und auf den Terrassen abgelagert wurde.

ε. Die vierte oder letzte Eiszeit hat am meisten Spuren hinterlassen. (Fig. 238.) Indem die mächtigen Gletscher in die Täler hinaus vorrückten, wurden die Moränen der zweiten Eiszeit zerstört und verwischt oder zu Drumlin umgewandelt, und deswegen gehören alle Wallmoränen der dritten Eiszeit an. Desgleichen sind die sich daran anschließenden weit ausgedehnten Schotterfelder, die Niederterrassen Erzeugnisse der letzten Eiszeit (Rafzerfeld, Wettingerfeld, Birchfeld, ferner

bei Aarau, Olten und Bern). Auch die großen erratischen Blöcke sind fast ausnahmslos ihr zuzuzählen.

ζ. Auf die letzte Vergletscherung folgte eine Zeit der Abspülung und Erosion. Die Flüsse schnitten sich in die Niederterrassen bis auf das jetzige Niveau der Flüsse hinab ein und modellierten die vielen kleinen Terrassen heraus, wie wir sie in fast allen Flußtälern des Mittellandes finden. Diese Periode führt ohne Unterbruch über in die Zeit, in der wir leben und ihre Bildungen heißen Alluvium. So kann man die Gegenwart als eine Art Interglacialzeit betrachten.

d) Bedeutung der Glacialzeit. Die Überdeckung eines so großen Teiles des schweizerischen Mittellandes mit Moränenschutt aus den Alpen hat ungemein befruchtend auf den Untergrund gewirkt; denn der Molassesandstein bietet für sich den Pflanzen sehr wenig Nahrung, während die altkristallinen Gesteine mit ihrem Kali- und Phosphorgehalt für den Boden geradezu düngend sind.

Fig. 238. Schematisches Profil durch ein Molassetal.

s_1 = Deckenschotter, g_1 = Grundmoräne } der I. u. II. Eiszeit.
s_2 = Hochterrassenschotter, g_2 = Grundmoräne mit Blöcken, l = Löß (Windsediment) } der III. Eiszeit.
s_3 = Niederterrassenschotter, g_3 = Grundmoräne, m_3 = Wallmoräne } der IV. Eiszeit.
a = jetzige Alluvion.
f = Felsuntergrund.
⟶ = Quelle.

α. Die verschiedenen Schotterterrassen, die auf den Grundmoränen ruhen, namentlich die Deckenschotter, sind vorzügliche Quellwasserbringer, so daß die löcherige Nagelfluh vom Irchel, Kohlfirst und Sihlsprung viele Gemeinden mit Wasser versorgt hat. (Fig. 238.)

β. Die Bildungen der Glacialzeit haben bei der Bebauung und Besiedelung unseres Landes vielfach den Ausschlag gegeben. So haben die weiten ebenen Schotterfelder ein passendes Gebiet für die Anlage blühender Dörfer geliefert (Weinfelden, Andelfingen, Rafz, Schönenwerd, Suhr u. s. w.), während die mit Moränen bekränzten Hügel an den meisten Orten für die Forstwirtschaft günstigen Boden boten (Allmann, Zürichberg, Lindenberg, Belpberg u. s. w.). Da wo der Moränenzug als Endmoräne den Talboden durchquert, haben die Menschen öfter kleinere und größere Städte gegründet, die Moräne teils als natürlichen Wall,

teils als passende Stelle zu Kastellbauten benützend (Zürich: Obere Zäune, Lindenhof; Bern: Schänzli und Große Schanze, Mellingen, Wohlen, Schloß Hallwyl u. s. w.).

γ. In der Quartärzeit hat der Hauptsache nach die Modellierung (Durchtalung) des Molasselandes stattgefunden; so ist die Erodierung des Zürichseetales, des Sihl- und Reppischtales, des unteren Reußtales (Profil 239), des Aaretales bis hinauf zum Thunersee, des Sense- und Saanentales, des Rheintales vom Bodensee an abwärts dieser Periode zuzuschreiben.

δ. Nach der letzten Eiszeit fanden die Flüsse häufig nicht mehr ihr früheres Bett, sondern nahmen durch Moränenablagerungen abgelenkt einen andern Lauf. Dadurch wurden sie vielerorts veranlaßt, sich aufs neue in den felsigen Untergrund einzugraben, so entstanden die Stromschnellen von Laufenberg, Rheinfelden, Brugg, so auch muß man sich

Reuss   Reppisch   Uetliberg   Sihl   Zürichsee   Zürichberg

mutmassliche Oberfläche vor der I. Glacialzeit

mutmassliche Oberfläche vor der III. Glacialzeit

jetzige Oberfläche   l = Löcherige Nagelfluh.   m = Moräne

Fig. 239. Durchtalung der Molasse im Kt. Zürich.

die Entstehung des herrlichen Rheinfalls, der wundervollen Aareschlucht und der Rhonepforte bei St. Maurice erklären.

ε. Beim Rückzug der großen Eismassen fanden viele prähistorische Bergstürze statt, weil durch das Abschmelzen der Gletscher die morsch gewordenen Talwände vielerorts ihren Halt verloren: Öschinensee, Klönsee, Obersee bei Näfels, Siders.

ζ. Während des Diluviums hat sich auch die allgemeine Senkung des Alpenkörpers vollzogen, welche zur Bildung der großen Randseen führte und zwar zwischen der ersten und dritten Gletscherzeit; denn die Schotter der ersten sind noch mitgesunken (Sihlsprung), während die Moränen der letzten ungestört am Gehänge liegen. Auch viele der übrigen Schweizer Seen verdanken ihre Entstehung den Gletscher-Ablagerungen. Wenn nämlich ein Gletscher lange Zeit an einem Orte stationär blieb, häufte sich an seinem Ende das Moränenmaterial immer mehr an, wodurch das Land da erhöht wurde, während unter dem Eise sich fast kein Schutt ablagern konnte. Wenn sich nun der Gletscher zurückzog, blieb hinter dem Endmoränenwall eine Vertiefung zurück,

das sogenannte Zungenbecken, und in diesem staute sich das Wasser zum See. Solche Moränenseen sind Sempacher- und Mauensee, der Hallwyler- und Baldeggersee, der Greifen- und Pfäffikersee, der Katzensee, der Gerzensee und Inkwilersee im Kt. Bern und die vielen kleinen Seen zwischen Trüllikon und Hüttweilen im nördlichen Teile des Kt. Zürich. Im großen tritt diese Erscheinung bei der Pommerschen Seenplatte und bei den Finnischen Seen auf. Auch das Ende des Zürichsees, des Überlinger- und Zellersees ist in solcher Weise durch Moränen bedingt.

So hat eigentlich erst die Eiszeit mit den darauffolgenden Erosionserscheinungen dem Schweizer-Mittelland sein heutiges Aussehen verliehen.

Hauptströme zur Eiszeit. I. von Thorn. II. Warschau-Berlin. III. von Baruth. IV. von Görlitz. B. M. Baltische Endmoräne.

η. Auch außerhalb der Schweiz hat die Eiszeit große Veränderungen bewirkt. So wurden durch die gewaltige baltische Endmoräne des skandinavischen Gletschers die Flüsse Norddeutschlands von ihrem ursprünglichen Süd-Nord-Lauf nach Westen abgelenkt. Dadurch wurde der knieförmig gebrochene Lauf der Weichsel, Oder und Elbe bedingt.

IV. Veränderungen in der organischen Welt.

Wie die Erdrinde nicht von jeher so gewesen ist, wie sie sich uns jetzt als scheinbar unveränderliches Ganzes darstellt, sondern erst infolge mannigfaltiger Veränderungen so geworden ist, so sind auch die Organismen, welche die Erdoberfläche jetzt bewohnen, nicht immer gleich gewesen, sondern auch sie haben erst nach vielen Umwandlungen ihr heutiges Gepräge erhalten. Bei der Untersuchung der Petrefakten der ältesten Sedimente findet man häufig ganz absonderliche Gestalten, welche in der Gegenwart verschwunden sind und kaum mehr verwandte rezente Formen besitzen. Dazu gehören die merkwürdigen Trilobiten (Dreilappentiere[1]) (Fig. 1—4 in 241) der Silur- und Devonformation, welche durch die neueren Forschungen als die ältesten Vorfahren unserer Krebse erkannt worden sind; dann die zarten Graptolithen[2]) (Fig. 7—9 in 241), welche wie feine Sägeblätter oder Schriftzüge aussehen und das feste Gerüste paläozoischer Schwämme darstellen.

[1]) griech. trílobos = dreilappig. — [2]) griech. gráptos = geschrieben.

Andere Tierkreise weisen schon im Paläozoikum ähnliche Formen auf, wie in der Gegenwart, so finden wir schon im Silur und Devon Brachiopoden wie Terebratula, Rhynchonella und Spirifer, ebenso Muscheltiere wie Herzmuschelarten und Verwandte der Jakobsmuschel, die den heutigen Vertretern dieser Tierklassen recht ähnlich sind. Aber auch in allen diesen Fällen sind im Laufe der gewaltigen Zeitabschnitte tiefgreifende Änderungen vor sich gegangen, und nur wenige Ausnahmen zeigen heute noch fast dieselbe Organisation wie in jenen längstentschwundenen Zeiten, so der Nautilus und der reguläre Seeigel.

a) Pflanzenwelt.

In den ältesten Sedimenten finden wir nur Überreste von den niedrigsten Wasserpflanzen, den Algen. Erst in der Devonzeit traten

Fig. 240. Idealbild einer Landschaft der Steinkohlenperiode.
Links Gesträuch von Farrenkräutern, dann Siegelbaum, in der Mitte Calamiten, ebenso im Hintergrund, rechts Siegelbaum mit Farren.

die ersten Landpflanzen auf; aber dieselben gehörten, obschon sie sich zu gewaltigen Formen entwickelten, immer noch alle zu den Kryptogamen und zwar zu den Gefäßkryptogamen. In der darauffolgenden Karbonzeit erreichten sie ihre Blütezeit und bildeten mit ihren baumartigen Vertretern den eigentümlichen Schmuck der sumpfigen Niederungen der Steinkohlenzeit (Fig. 240).

Man unterscheidet namentlich die Siegelbäume oder Sigillarien (10—20 *m* hoch), die wenig verzweigt waren und deren Stamm Narben-

spuren von abgefallenen Blättern zeigte; Schuppenbäume (Lepidodendren), deren gewaltiger Stamm, ähnlich wie bei den von ihnen abstammenden Bärlappgewächsen, mit Schuppen bedeckt war; riesenhaft entwickelte Schachtelhalme (Calamiten), die in vielen Abarten vorkamen und unseren Equiseten nahe verwandt sind. Am häufigsten waren die Baum- und Strauchfarren; diese in der Carbonzeit in 500 verschiedenen Arten[1]) vorkommende Pflanzenfamilie weist zum Teil Formen auf, die den jetzigen Farrenkräutern zum Verwechseln ähnlich sehen; aber aus jener Blüteperiode der Gefäßkryptogamen sind nur noch etwa 60 Arten auf uns gekommen, und die baumartigen Vertreter sind fast vollkommen verschwunden. Bei einer großen Zahl derselben, den Pteridospermen, hat man eine primitive Samenanlage (ohne Keimling), sowie Gefäßbündelbildung beobachtet, woraus hervorgeht, daß diese Pflanzen Übergangsformen zwischen den Farnen und Nachtsamern darstellen. Diese großen Gefäßkryptogamen lieferten das Material zur Bildung der gewaltigen Steinkohlenlager, ohne welche die heutige Entwicklung der Industrie unmöglich gewesen wäre.

Erst am Ende des Paläozoikums, im Perm, zeigen sich die ersten Überreste von tannenartigen Gewächsen, wie die Palmfarren (Cycas), welche sich dann in der Sekundärzeit zu den eigentlichen Coniferen (Araucaria und Cupressus) entwickelten, aus denen in der Folge unsere Tannen (Abies, Pinus) hervorgegangen sind.

Die bedecktsamigen Blütenpflanzen fehlen dem ganzen Mesozoikum bis in die Kreidezeit, in welcher die ersten Monokotyledonen (Palmen) auftreten. Bald treten dann auch Dikotyledonen wie Weiden, Buchen, Eichen auf, welche in der Tertiärzeit in unseren Gegenden zusammen mit Palmen und Tulpenbäumen gediehen, wie das die schönen Funde von Oeningen am Bodensee darlegen, wo sich massenhafte Überreste der Pflanzen- und Tierwelt der Miocaenzeit in vorzüglichem Zustand erhalten haben. Aus ihnen können wir schließen, daß zur Tertiärzeit in der Schweiz ein subtropisches Klima herrschte, ähnlich wie jetzt am Mittelmeer. Im großen ganzen aber ist jene Flora nicht mehr sehr verschieden von derjenigen der Gegenwart, obschon noch eine merkliche Abnahme der Kryptogamen und eine starke Vermehrung der Blütenpflanzen zu verzeichnen ist. (Fig. 251.)

Wenn wir die verschiedenen Pflanzengruppen, welche im Laufe der Zeit die Erde bewohnten, überblicken, so sehen wir, daß die Vegetation mit den Zellkryptogamen ihren Anfang nahm, worauf dann die gewaltige Entwicklung der Gefäßkryptogamen folgte. Die am Ende des Paläozoikums zuerst erscheinenden Nacktsamer beherrschten das landschaftliche Bild der Sekundärzeit, währenddem die Angiospermen hier ihre ersten

---

[1]) Schöne Funde davon im Wallis und am Tödi.

Anfänge zeigen und im Tertiär nach und nach die Hauptrolle übernehmen, die ihnen in der Gegenwart zukommt. Je mehr wir uns der Jetztzeit nähern, umso ähnlicher werden die Pflanzenformen den heutigen, und die tertiären Oeninger Funde zeigen ein Gepräge, das der jetzigen Flora schon sehr nahe verwandt ist. So weist jede folgende geologische Formation eine höher entwickelte Flora als die vorhergehende auf, und die Gegenwart steht mit ihrem wunderbaren Blütenschmuck der Dikotyledonen an der Spitze dieser Entwicklungsreihen.

b) Tierwelt.

Um eine Übersicht über die wichtigsten Petrefakten der einzelnen Perioden zu erhalten, lassen wir die Leitfossilien der verschiedenen Schichtsysteme folgen, ohne auf eine Beschreibung derselben näher einzugehen, da dies zu weit führen würde.

Die wichtigsten Leitfossilien.

1. Silur-Formation.

Fig. 241. Silurische Versteinerungen.

1 Paradoxides bohemicus. 2 Ellipsocephalus Hoffi. 3 Dalmanites Hausmanni. 4 Trinucleus ornatus. 5 Phacops cephalotes. 6 Harpes venulosus. 7 Graptolithus turriculatus und Graptolithus convolutus. 8 Graptolithus bifidus. 9 Graptolithus Römeri. 10 Lituites. 11 Orthoceras. 12 Phragmoceras. 13 Cyrtoceras. 14 Gomphoceras. 15 Ascoceras. 16 Bellerophon bilobatus. 17 Tentaculites ornatus. 18 Pentamerus Knightii. 19 Terebratula melonica. 20 Rhynchonella Wilsoni. 21 Leptaena depressa. 22 Lingula Davisii. 23 Cardiola interrupta. 24 Halysites (Catenipora) catenularia, eine Röhrenkoralle.

2. Devon-Formation.

Fig. 242. Devonische Versteinerungen.
1 Calceola sandalina, die sog. Pantoffelmuschel, 2 Cyathocrinus, Schraubenstein. 3 Hysterolithes vulvarius, Steinkern einer Orthis. 4 Spirifer speciosus. 5 Spirifer ostiolatus. 6 Stringocephalus Burtini. 7 Orthis umbraculum. 8 Clymenia undulata. 9 Goniatites retrorsus. 10 Megalodon cucullatus. 11 Murchisonia bilineata. 12 Bronteus flabellifer. 13 Cypridina serrato-striata.

3. Perm-Formation. (Ober-Carbon.)

Fig. 243. Perm-Versteinerungen.
1 Walchia piniformis. 2 Psaronius asterolithus (Starstein) im Querschnitt, verkieselter Stamm eines Baumfarns. 3 Productus horridus. 4 Strophomena excavata. 5 Palaeoniscus Freieslebeni. 6 Archegosaurus Decheni, Schädel nebst Zahn.

4. Trias-Formation.

Fig. 244. Trias-Versteinerungen.

1 Voltzia heterophylla. 2 Equisetum columnare. 3 Encrinus liliiformis (Krone und Durchschnitt des Stieles). 4 Terebratula (Waldheimia) vulgaris. 5 Gervillia socialis. 6 Lima striata. 7 Myophoria (Trigonia) cardissoides. 8 Melania Schotheimii. 9 Ceratites nodosus. 10 Pemphyx Sueurii. 11 Placodus gigas (Oberkiefer eines Seesauriers mit Pflasterzähnen im Gaumen). 12 Capitosaurus robustus (Schädel).

5. Jura-Formation.

Fig. 245. Saurier und Vögel der Juraperiode.

1 Ichthyosaurus communis. 2 Plesiosaurus dolichodeirus. 3 Pterodactylus crassirostris 4 Restaurierter Pterodactylus. 5 Koprolith vom Ichthyosaurus. 6 Befiederter Schwanz von Archaeopteryx.

Fig. 246. Jura-Versteinerungen.

Lias: 1 Ammonites (Aegoceras) planorbis (psilonotus). 2 Gryphaea arcuata. 3 Amm. (Arietites) Bucklandi. 4 Terebratula (Waldheimia) numismalis. 5 Pentacrinus basaltiformis. 6 Amm. (Amaltheus) margaritatus (amaltheus). 7 Belemnites paxillosus. — Dogger: 8 Amm. (Harpoceras) opalinus. 9 Trigonio navis. 10 Trig. costata. 11 Amm. (Stephanoceras) humpriesianus. 12 Amm. (Cosmoceras) Parkinsoni planulatus. 13 Terebratula lagenalis. 14 Amm. (Stephanoceras) macrocephalus. 15 Amm. (Cosmoceras) ornatus. 16 Belemn. canalicatus. — Malm: 17 Terebr. impressa. 18 Rhynchonella lacunosa. 19 Spongites reticulatus. 20 Astrea confluens. 21 Cidarites coronatus. 22 Terebratula insignis. 23 Aptichus latus (laevis). 24 Amm. (Phyllocerus) tatricus. 25 Terebratula diphya. 26 Diceras arietina.

6. Kreide-Formation.

Fig. 247. Die Dinosaurier.

1 Iguanodon. 2 Hylaeosaurus (Waldsaurier). 3 Megalosaurus (Großechse). Nach der Restauration dieser Tiere im Kristall-Palast zu Seydenham.

Fig. 248. Kreide-Versteinerungen.

Untere Kreide: 1 Spatangus (Toxaster) complanatus. 2 Rhynchonella depressa. 3 Caprotina ammonia. 4 Aptychus Didayi. — Mittlere Kreide: 5 Hamites attenuatus. 6 Scaphites Iwani. 7 Ancyloceras Matheronianus. 8 Turrilites Bergeri. — Obere Kreide: 9 Baculites anceps. 10 Ammonites (Acanthoceras) Rhotomagensis. 11 Inoceramus concentricus. 12 Exogyra columba. 13 Spondylus spinosus. 14 Hippurites cornu vaccinum (das Kuhhorn). 15 Caprina Aiguilloni. 16 Terebratula carnea. 17 Astaeonella gigantea. 18 Nerinea flexuosa. 19 Belemnitella mucronata. 20 Cyclolites elliptica. 21 Anachytes ovatus (Seitenansicht). 22 A. ovatus (von unten). 23 Otodus appendiculatus. 24 Oxyrrhina Mantelli.

7. Tertiär-Formation.

Fig 249. Eocäne Säugetiere.

1 Palaeotherium magnum. 2 Anoplotherium commune. 3 Xiphodon gracile.

Fig 250. Miocäne Säugetiere.
1 Mastodon longirostris (restauriert). 2 Backenzahn von Mastodon longirostris, *a* Kaufläche, *b* Seitenansicht. 3 Dinotherium giganteum (restauriert). 4 Schädel von Dinotherium giganteum.

Fig. 251. Miocäne Pflanzen und Insekten.
1 Sabal major, eine Fächerpalme. 2 Cinnamomum, Zimmtbaum. 3 Laurus princeps, Lorbeer. 4 Glyptostrobus, eine Zypresse. 5 Taxodium dubium, Sumpfzypresse. 6 Planera, den Ulmen verwandt. 7 Myrica. 8 Acer trilobatum, Ahorn. 9 Rhynchites Dionysus, ein Rüsselkäfer. 10 Myrmica tertiaria, eine Ameise.

II. Entwicklungsreihen.

Die Faunen der einzelnen Formationen sind nicht, wie man früher glaubte, von einander ganz unabhängig (Katastrophentheorie), sondern stehen, so verschiedenartig sie auch auf den ersten Blick erscheinen mögen, in genetischem Zusammenhange (Evolutionstheorie). Im folgenden soll dies für einige besonders häufig auftretende und gut studierte Tierklassen nachgewiesen werden.

a) Seeigel, Echiniden. Die eigentlichen Seeigel traten zuerst in der Trias auf. Die ersten Vertreter hatten einen gleichmäßig fünfstrahligen Bau (Reguläre Seeigel = Cidaris). (Fig. 246, 21.)[1] Nach und nach entwickelten sich aus ihnen in der Juraperiode Seeigel mit

[1]) Im weißen Schweizerjura häufig.

monosymmetrischem Gerüst (Irreguläre Seeigel). Dieselben erscheinen zunächst nur wenig von oben nach unten zusammengedrückt, wie bei Ananchytes (Fig. 248, 21.)[1]; durch weitere Reduktion der Vertikalaxe entstanden zunächst die Herzigel (Spatangus Fig. 248, 1.) und endlich die ganz abgeplatteten Formen, Schildigel (Scutella). In der Kreidezeit bildeten sich noch viele andere Abänderungen der irregulären Seeigel aus, die sämtlich eine größere Komplikation im Bau der Schale aufwiesen; von diesen haben sich neben den regulären Formen eine große Zahl bis in die Gegenwart erhalten.

b) Cephalopoden oder Kopffüßer. Eine ganz eigentümliche Entwicklung haben die jetzt fast ganz ausgestorbenen Kopffüßer im Mesozoikum durchgemacht. Diese Tiere hatten eine vielkammerige Schale; die letzte Kammer diente als Wohnkammer, während alle anderen mit Luft gefüllt waren und eine Art Schwimmapparat darstellten. Bei ihren ältesten Vertretern im Paläozoikum waren alle Kammern in einer geraden Linie angeordnet (Orthoceras.) (Fig. 241, 11.) Die hierauf folgenden Formen begannen sich einzurollen wie Cyrtoceras, und Gyroceras (Fig. 252). Von den ganz eingerollten ist als einfachste Art der Nautilus zu nennen, welcher, schon im Silur auftretend, sich bis in die Gegenwart erhalten hat, so daß man an ihm sehr gut seine Organisation und damit auch diejenige der vorweltlichen Ammoniten studieren kann.[2] (Fig. 253.) Die sich von ihm ableitenden Formen unterscheiden sich durch die Ausbildung der Querscheidewände. Während dieselben nämlich beim Nautilus in einer einfach geschwungenen Linie mit der äußeren Schale verwachsen sind, wird diese Verwachsungslinie (Lobenlinie) bei den späteren Formen immer komplizierter. Bei den Goniatiten zeigt sie schon einige scharfe Umbiegungen (gony = Winkel) Fig. 242, 9 u. 254, bei den Ceratiten (ceras = Horn) Fig. 244, 9 u. 254, finden wir neben größeren Bögen viele kleine Zacken, und bei den eigentlichen Ammoniten sind sowohl die unteren wie die oberen Ausbiegungen stark gefältet, so daß man von Lobenverzierungen spricht. (Fig. 255.) Dieselben finden sich bei der letzten Kammerscheidewand am schönsten und kompliziertesten ausgebildet und sind bei jeder früheren einfacher, so daß bei den innersten Lobenlinien zuletzt die einfache Nautiluslinie erscheint, wodurch eigentlich das Jugendstadium der Stammesentwicklung repräsentiert wird. Dies ist eines der schönsten Beispiele für das biogenetische Grundgesetz.

Fig. 252. Cyrtoceras. (Nach Zittel, Paläontologie).

[1] Im weißen Schweizerjura häufig. — [2] Große Exemplare davon im weißen Jura bei Olten.

Das Geschlecht der Ammoniten erreichte in der Juraperiode einen großartigen Artenreichtum und lieferte hier die wichtigsten Leitfossilien (vgl. Fig. 246 1, 3, 6, 8, 11, 12, 14, 15, 24).[1] Aber schon

Fig. 253. Schiffsboot (*Naútilus pompilius*), der Länge nach durchschnitten. Verkl. *Fü* Fühler, *tr* Trichter, *ma* Mantel, *au* Auge, *Sch* Scheidewände, *si* Sipho.

in der Kreidezeit starb die ganze große Ammoniten-Familie aus, nachdem noch einige abgerollte Formen aufgetreten waren: Scaphites[2]), Hamites,[3]) Baculites[4]) (Fig. 248, 5, 6 und 9). Dieser letztere ist wieder

Fig. 254. Fossile Ammoniten. *A. Goniatítes* in der Seitenansicht, *B* von vorn, *C Ceratítes.* Verkl.

Fig. 255. Lobenlinie eines Ammoniten in eine Ebene gelegt, *s* Siphonallobe, *pp'* Seitenloben, *aa'a''* Nahtloben.

[1]) Viele prächtige Funde davon in allen Museen der Jurastädte. — [2]) griech. skáphos = ausgehöhlt. — [3]) lat. hamum = Hacken. — [4]) lat. baculum = Stab.

vollständig gerade wie der Orthoceras, unterscheidet sich aber von jener alten Spezies durch eine stark gefältete Lobenlinie; auch turmförmige, sogar schneckenförmige Ammonitengehäuse (Turrilites) finden sich in der mittleren Kreide. (Fig. 248, 8.) So sehen wir die Kopffüßer vom Orthoceras ausgehend, sich einrollen, dann die wunderbare Ammonitenentwicklung durchmachen und hierauf sich wieder abrollen, um mit den merkwürdigen Formen Baculites und Turrilites für immer auszusterben.

Den Ammoniten nahe verwandt sind die Belemniten oder Donnerkeile, von denen man fossil häufig den keilartigen Verteidigungsapparat (Teufelsfinger) findet. Die von ihnen abstammenden Tintenfische besitzen als Rudiment hievon noch den kalkigen Sepienschulp. (Fig. 246, 7, 16, Fig. 248, 19.)

c) Fische. Als die ältesten Wirbeltiere traten die Fische schon im oberen Silur auf. Dieselben hatten aber noch kein knöchernes, sondern bloß ein knorpeliges Gerüst und trugen keine echten Schuppen auf der Haut, sondern entweder knöcherne Platten (Panzerfische) oder Schmelzschuppen (Rhombiferen). Während die Panzerfische einen einfachen Schwanz hatten, besaßen die Schmelzschupper schon einen zweiteiligen Schwanz, derselbe war aber noch nicht symmetrisch (homocerk), sondern unsymmetrisch (heterocerk), indem die Rückenmarksäule nur in den oberen Teil hinauf ging (Fig. 243, 5). Erst im Laufe vieler Perioden wurde der Schwanz nach und nach symmetrisch und das Körpergerüst knöchern, so daß wir erst in der Kreidezeit Spuren von echten Knochenfischen mit homocerken Schwänzen finden. Im Tertiär sind sie bereits herrschend geworden.[1]) In der Gegenwart gehört dazu die Großzahl unserer Fische, und nur Stöhr und Hai mit ihren Verwandten haben sich noch mit Knorpelgerüst, unsymmetrischem Schwanze und Schmelzschuppen als letzte Nachkommen jener alten Geschlechter erhalten.

d) Saurier. Erst mit der Steinkohlenzeit traten die ersten Landtiere auf und zwar waren es Vertreter der Eidechsen. Als ältesten Repräsentanten nennen wir den Archegosaurus, den Stammvater der Saurier (Fig. 243, 6). In der Sekundärperiode zeigte dieses Geschlecht eine großartige Entfaltung, gewaltige Wassersaurier, wie Ichthyosaurus (Fischsaurier) (Fig. 245, 1), Plesiosaurus (Schlangansaurier) (Fig. 245, 2) und Landsaurier (Dinosaurier) bevölkerten mit ihren Verwandten die Erde (Fig. 247). Einige konnten sogar vermöge ihrer großen Flughäute fliegen: Pterodaktylus (Flugsaurier). (Fig. 245, 3, 4.) So hatten die Saurier in der Jura- und Kreideperiode ihre Blütezeit, und sie waren sowohl an Zahl wie an Größe die mächtigste Tierklasse jener Zeiten. Aus ihnen sind durch Differenzierung der Organisation nicht nur die jetzigen Eidechsen, Schlangen, Salamander und Frösche hervorgegangen, sondern

[1]) Die Fische der Glarnerschiefer gehören alle dazu.

auch die große Abteilung der Vögel. Das beweisen die Funde von Archäopteryx[1]) (Urvater der Vögel) in den Solenhoferschiefern (Jura-

Fig. 256. Archaeopteryx lithographica H. v. M.
(Im Besitze der kön. paläontologischen Sammlung zu Berlin.)

formation). (Fig. 256.) Derselbe hatte noch einen eidechsenartigen Kopf mit Zähnen und einen langen Ruderschwanz, in welchem sich die

[1]) griech. archaîos = alt, ptéryx = Feder.

Wirbelsäule fortsetzte. In der Folge nahm die Bezahnung mehr und mehr ab und der Schwanz verkürzte sich, wie bei Ichthyornis (Fischvogel) (Kreide). Zuletzt wurden daraus die jetzigen zahnlosen Vögel mit Stummelschwanz, die in der Tertiärzeit sich nach den verschiedenen Klassenmerkmalen entwickelten und heute mit ihren mannigfaltigen Arten das Luftmeer bevölkern.

Säugetiere. Die ältesten Überreste von Säugetieren, die sich in der Gegenwart zu so großer Blüte entwickelt haben, daß sie weitaus die gewaltigsten Vertreter in den Faunen aller Kontinente haben, weisen

Orohippus Mittl. Eocän	**Mesohippus** Unt. Miocän	**Protohippus** Unt. Pliocän	**Equus** Ob. Pliocän und Dil.
Etwas größer als der Fuchs.	Von der Größe eines Schafes.	Von der Größe eines Esels.	Von der Größe des rezenten Pferdes.
Der 2., 3., 4. und 5. entwickelt, der rudimentäre 1. Finger fehlt.	Der 2., 3. und 4. entwickelt, der 5. Mittelfinger rudimentär.	Hipparion-ähnlich. Der 2., 3. und 4. Mittelfinger entwickelt, der 5. fehlt.	Der 3. Mittelfinger entwickelt, der 2. und 4. zu Griffelbeinen reduzirt.

Fig. 257. Die paläontologische Entwickelung des Pferdes nach amerikanischen Funden.

Formen auf, die sowohl an den vorderen wie an den hinteren Extremitäten 5 Zehen tragen. Von diesen Ursäugern (wie Phenácodus)[1]) scheinen sich alle übrigen später aufgetretenen Familien abzuleiten. Im Nachstehenden wollen wir drei durch die Paläontologie sicher festgestellte Formreihen aufführen.

c) Einhufer (Pferde). Beim Fuß der Ursäuger bildete sich zunächst eine Zehe unvollständig aus, während zugleich die mittlere Zehe sich viel stärker entwickelte, so daß der Fuß 4zehig wurde, wie ihn Orohippus im mittleren Eocaen aufwies (Fig. 257). Durch Reduktion einer

[1]) Überreste davon auch im Bohnerz von Egerkingen.

weiteren Zehe entstand im Miocaen das Mesohippus mit drei Zehen, von denen alle drei noch den Boden berührten. Ihm folgte das Protohippus des Pliocaens, dessen seitliche Zehen stark verkleinert waren, so daß beim Gehen nur noch die mittlere Zehe auf den Boden aufgesetzt werden konnte. Aus dieser Form ist dann endlich unser Pferd hervorgegangen, bei dem die seitlichen Zehen fast ganz verschwunden sind (Griffelbeine, Afterhufe) und nur ein eigentlicher Huf vorhanden ist. So sehen wir, daß die Einhufer eine reiche Ahnenreihe aufweisen, welche durch eine Zehenreduktion mit einander genetisch verbunden ist, und das Pferd mit seinen Verwandten ist nur der letzte Ausläufer dieser in der Tertiärzeit reich vertretenen Familie (Fig. 249, 1, 2 und 3).

f) Paarhufer (Wiederkäuer). Bei den Paarhufern zeigt sich eine ähnliche Zehenreduktion wie bei den Einhufern. Aber während bei diesen eine Zehe auf Kosten der anderen sich vergrößerte, wurden bei den Paarhufern die mittleren beiden Zehen größer und die beiden äußeren mehr und mehr rückgebildet. Aus dem fünfzehigen Urhufer entwickelten sich zunächst durch Verschwinden einer Zehe Formen mit 2 großen und 2 kleinen Zehen, wie sie uns jetzt noch durch das Schwein repräsentiert werden, bei dem die ziemlich großen Hinterzehen noch beim Durchschreiten sumpfiger Stellen verwendet werden (Fig. 258).

Fig. 258. Fußskelett eines Schweines.

Fig. 259. Fußskelett eines Rehes. (Nach Cassell.)

Fig. 260. Fußskelett eines Schafes.

In der weiteren Entwicklung schritt die Reduktion der Nebenklauen immer weiter, so daß sie bei den rehartigen Tieren nur noch kleine Hufe tragen und bei den Schafen fast ganz verschwunden sind (Fig. 260). Die letzten Stadien, Kameel und Rind, zeigen gar keine Spuren der überzähligen Zehen mehr. Daß natürlicherweise neben dieser Rückbildung der Zehen auch Veränderungen anderer Organe beobachtet werden können, ist klar, so z. B. die Verwandlung des omnivoren Gebisses (Schwein) zum herbivoren (Kuh) und eine dadurch bedingte Komplikation in dem Verdauungssystem, vom einfachen Magen zum 4teiligen Wiederkäuermagen.

g) Elefantengeschlecht. Eine etwas anders gerichtete Entwicklung finden wir in der Familie der Elefanten. Während die ursprünglich freien 5 Zehen gleichmäßig zu einem einzigen starken Stützfuß für die gewaltigen Tiere verwuchsen, vollzog sich in dem Gebiß eine bis auf einen einzigen Zahn fortschreitende Reduktion.

Fig. 261. Elephas primigenius, das russische Mammut (restauriert).

Während das Dinotherium (Fig. 250, 3) neben zwei gewaltigen Stoßzähnen im Unterkiefer noch je 5 getrennte Zähne in jeder Kieferhälfte aufwies, zeigte das Mastodon neben 2 Paar Stoßzähnen nur noch je 3 Zähne, bei denen man schön die Entstehung derselben durch Verschmelzung nachweisen kann (Fig. 250, 1 und 2). Bei dem Mammut[1]) sodann, dem direkten Vorläufer unseres Elefanten, finden wir nur noch je einen Kieferzahn, der aus einer großen Zahl von Lamellen zusammengesetzt ist, welche einzelnen, ursprünglich selbständigen Zähnen entsprechen (Fig. 262). Ganz gleich verhält es sich bei dem Elephanten, der als letzter Rest des gewaltigen Geschlechts der vorweltlichen Dickhäuter der Tertiärzeit sich bis in die Gegenwart erhalten hat.

Fig. 262. Unterer, aus zahlreichen, ungleich stark abgeschliffenen Schmelzbüchsen zusammengesetzter Mahlzahn vom Mammut *(Elephas primigénius)*. Nach Giebel.

Aus den im Vorhergehenden kurz skizzierten Entwicklungsreihen ersehen wir, daß sich sowohl in den einzelnen Tierfamilien, als auch im

[1]) Prachtvolle Funde davon bei Niederweningen (im Polytechnikum restauriert); auch bei Lausanne und Olten wurden Schädelpartien gefunden.

ganzen Tierreich eine immer weitergehende Differenzierung zu höheren Formen nachweisen läßt. So traten zuerst nur wirbellose Tiere auf, und erst später folgten die Wirbeltiere. Bei den Wirbeltieren selber sind die ältesten Vertreter nur mit Knorpelgerüst versehen, während die späteren Formen solide Knochengerüste aufweisen. Auch bei diesen letzteren treten wieder die höchst entwickelten Familien, die Säugetiere, zuletzt auf, und die Säugetiere ihrerseits weisen ebenfalls umso höher organisierte Wesen auf, je mehr wir uns der Gegenwart nähern.

h) Der Mensch. Die ältesten Spuren vom Auftreten des Menschen hat man in Belgien in tertiären Schichten gefunden, die älter sind, als unsere Nagelfluhgesteine und Molassesandsteine der Mittelschweiz. Die Funde bestehen in Feuersteinstücken, die ein wenig an den Kanten zugeschärft sind und dadurch zum Schneiden, Schaben u. s. w. geeignet wurden. Man nennt dies die Eolithenzeit[1]). Spätere Funde im Diluvium, namentlich aus Höhlen (Höhlenbewohner = Troglodyten), zeigen schon eine größere Kunst im Zurechtschlagen der Feuersteine (Artefakte) = ältere Steinzeit. In noch jüngeren Ablagerungen hat man schön polierte Steinwerkzeuge gefunden = jüngere Steinzeit. Diese beiden letzten Entwicklungsstufen des Steinzeitmenschen konnten in schönster Weise durch die Ausgrabungen beim Schweizersbildfelsen und im Keßlerloch[2]) (Kt. Schaffhausen) und in der Höhle beim Wildkirchli konstatiert werden, andere ähnliche Fundorte sind: Mont Salève[2]), Liesberg (Kt. Bern), die Räuberhöhle bei Regensburg, Hohlefels im schwäbischen Aachtale. Es geht aus diesen Funden, bei denen manchmal menschliche Knochen mit solchen vom Höhlenbär, Mammut, Renntier und Auerochs neben einer großen Menge von Artefakten sich vorfanden, hervor, daß der Mensch lange vor Beginn der historischen Zeit mit jenen Tieren zugleich lebte und Zeuge der großen Vergletscherung war. (Fig. 263.)

In der jüngeren Steinzeit begann der Mensch im seichten Seewasser auf einem Pfahlroste seine ersten einfachen Hütten zu errichten (Pfahlbauer), wie zuerst am Zürichsee bei Obermeilen entdeckt wurde. Jetzt kennt man fast in allen Schweizerseen, namentlich im Genfer-, Neuenburger-, Bieler-, Züricher- und Bodensee, zahlreiche ehemalige Pfahlbaustationen. Die vielen äußerst wertvollen Funde vorab bei Robenhausen und Murten zeigen uns, daß der damalige Mensch schon Ackerbau und Viehzucht trieb und Tongeschirre und Gewebe herstellen konnte, während seine Waffen immer noch aus Stein bestanden. Erst gegen das Ende der Pfahlbauzeit finden wir die ersten Geräte und Waffen aus Bronze, wie sie später die Bewohner des festen Landes allgemein benutzten. Bald folgte diesem Metall auch das heute noch so vielseitig verwendete Eisen.

---

[1]) griech. éos = Morgenröte, lithos = Stein. [2]) Mit schönen Tierzeichnungen.

Man teilt nach Vorstehendem die aufeinander folgenden Abschnitte der prähistorischen Entwicklung des Menschen nach dem jeweilig verarbeiteten Material in folgende 5 Perioden ein:

1. Eolithenzeit: zugeschärfte Feuersteinstücke.

2. Ältere Steinzeit: rohe Bearbeitung von Stein, Instrumente aus gespaltenen und durchbohrten Knochen.

3. Jüngere Steinzeit: feinere Stein- und Knochenbearbeitung, zum Teil geschliffene Steinwerkzeuge, Tongeschirre (unglasiert) und Gewebe.

4. Bronzezeit: Waffen und Geräte aus Bronze, große Töpfereien und Gießereien. Weitgehende Handelsbeziehungen.

5. Eisenzeit: allgemeine Verwendung des wertvollen Eisens. Beginn der „Weltgeschichte".

Fig. 263. Vom Höhlenmenschen verarbeitete Knochen.
1. Harpune zur Rentierjagd. 2. Kommandostab aus einem Rentiergeweih verfertigt, aus den südfranzösischen Höhlen. 3. Fragment eines solchen Kommandostabes mit der Zeichnung eines Pferdes vom Kesslerloch bei Thayngen. 4. Elfenbeinplatte mit der eingravierten Zeichnung eines Mammuts aus der Grotte von *La Madelaine.* 5. Dolch aus Renntierhorn mit geschnitztem Griff von *Leangerie-Basse.*

Wenn wir die Funde all dieser fernen Zeiten mit einander vergleichen, so sehen wir vor unserem geistigen Auge den Menschen seit seinem ersten Auftreten sich fortwährend vervollkommnen in seinen Werkzeugen (Stein — Bronze — Eisen) sowohl, wie in seinen Sitten und Lebensweisen (Kannibalen — Jäger — Ackerbau und Industrie) und in der Befähigung zur Kunst (rohe Eindrücke auf Ton — Tierzeichnungen auf Horn, Bein und Stein — kunstvolle Geräte und Abbildungen). So können wir überall eine Entwicklung zum Besseren und Vorzüglicheren wahrnehmen. Betrachten wir den Menschen in diesem Sinne als ein Wesen, das sich im Kampfe mit den Tieren und den Naturkräften immer

weiter emporgearbeitet hat, bis zu seiner jetzigen hohen Kulturstufe, so reihen sich da eine große Zahl von Erscheinungen der historischen Zeit an, welche auch eine stets weiterschreitende Verfeinerung der Moral zeigen. Dem Sklaventum der alten Völker (Perser, Griechen, Römer), der Hörigkeit der Frau, der Knechtung der Untertanen bis ins Mittelalter, steht die Anerkennung der vollständigen Freiheit und Gleichheit aller, der Anfang des echten Menschentums gegenüber. Damit sind auch die Ziele der Entwicklung gesteckt, der bessere Mensch ist der Mensch der Zukunft.

Überblicken wir die Erscheinungen der Erdgeschichte im ganzen, so sehen wir, wie sowohl das Steinreich als auch das Pflanzen- und Tierreich steten Veränderungen unterworfen war. Meer und Festland wechselten an derselben Stelle vielfach miteinander ab, und die Pflanzen und Tiere der früheren Perioden entwickelten sich zu der mannigfaltig differenzierten Lebewelt der Jetztzeit. Aber auch der gegenwärtige Zustand wird nicht derselbe bleiben, auch er ist nur ein Glied in der unendlichen Reihe, und fort und fort werden sich Änderungen vollziehen an Steinen, Pflanzen, Tieren und Menschen und so wird die organische Welt immer neue vollkommenere Wesen hervorbringen.

Register.

(—)= Seite der Bestimmungstabellen. Ab. — = Seite der farbigen Abbildung.